



UNIVERSIDAD
CATÓLICA DE CÓRDOBA

Universidad Jesuita

Trabajo Final

Estabilización de loess con silicato para uso vial

Presentado por: Perret, Henry Germán

Tutora: Ing. Civil María Pía Cruz

Julio 2015



AGRADECIMIENTOS

A la Ing. María Pía Cruz, mi tutora, por su tiempo, dedicación y gran entrega durante el desarrollo de este trabajo, enseñándome y transmitiéndome sus conocimientos y experiencias en el área de Geotecnia.

A mis padres, que han sido ejemplo a lo largo de toda mi vida, por apoyarme de manera continuamente durante la realización de la carrera.

A mi novia, por estar siempre conmigo y brindarme todo su amor y comprensión. Este logro también es tuyo.

A mis compañeros, amigos y todas aquellas personas que han estado a mi lado apoyándome durante esta etapa tan importante de mi vida.



RESUMEN

Esta investigación consistió en determinar el porcentaje óptimo para uso vial de la dosificación de silicato de sodio líquido con los sedimentos loésicos de la región mediterránea de Argentina. El silicato de sodio puede ser utilizado en la estabilización de suelos cuando se tiene presencia de sales de calcio diluidas en agua, pues esto origina silicatos gelatinosos de calcio insolubles al hidratarse producen un magnífico agente cementante. La utilización del silicato de sodio empleado para mejorar los materiales de construcción data de hace más de un siglo. Esta aplicación responde a estabilizar subrasantes erodables y semisaturadas, o sea caminos de tierra. Como estudio del arte se aporta que el 92% de la red vial total de la provincia de Córdoba corresponde a caminos de tierra según la Dirección Provincial de Vialidad (DPV), o sea rondan los 55.900 km; correspondiendo el 3% a la red primaria, el 18% a la red secundaria y el 79% a la red terciaria. La dosificación loess-silicato, garantizará una disminución de la erodabilidad superficial como del índice de plasticidad y, un aumento de la resistencia al corte no drenado.

Los suelos de las subrasantes a estudiar, son sedimentos finos del tipo loésicos de la ciudad de Córdoba – A4 – según American Association of State Highway and Transportation Officials. La caracterización geotécnicamente vial de los sedimentos a estabilizar, implicó la planificación de dos etapas de ensayos. En la primera etapa se ejecutaron los ensayos de: contenido de humedad, lavado tamiz 200, ensayos granulométricos, límites de Atterberg, doble hidrómetro, superficie específica, proctor estándar, California Bearing Ratio (CBR) con medición de hinchamiento, determinación química del contenido de carbonato de calcio y pH. En la segunda etapa, se realizó el estudio de la fase líquida óptima y el estudio de dosificación del loess con silicato de sodio líquido para un uso vial. Esto último implicó comparar para cada dosificación los resultados del ensayo CBR con hinchamiento y compresión simple obtenidos desde probetas remoldeadas según los parámetros obtenidos de humedad óptima como densidad seca máxima de cada ensayo proctor estándar.



INDICE

| | |
|--|-----------|
| I. - INTRODUCCION Y OBJETIVOS DEL TRABAJO FINAL.... | 14 |
| I.1.- INTRODUCCIÓN | 14 |
| I.2.- OBJETIVOS..... | 14 |
| I.2.a. - <i>Objetivo General</i> | 14 |
| I.2.b. - <i>Objetivos Particulares</i> | 14 |
| I.3.- HIPOTESIS | 15 |
| I.4.- ENFOQUE METODOLOGICO | 15 |
| I.5.- METODOLOGIA SUCINTA | 16 |
| II. - UBICACIÓN Y ASPECTOS TÍPICOS DE LOS LOESS | 19 |
| III. - MATRIZ PREDOMINANTE – SUELOS | 31 |
| III.1.- TAREAS EJECUTADAS EN CAMPO | 31 |
| III.2.- TAREAS EJECUTADAS EN LABORATORIO | 36 |
| III.2.a. - <i>Descripción e identificación del suelo</i> | 36 |
| III.2.b. - <i>Ensayos químicos</i> | 37 |
| III.2.c. - <i>Determinación de contenido de humedad</i> | 38 |
| III.2.d. - <i>Pasante lavado por tamiz N° 200</i> | 38 |
| III.2.e. - <i>Granulometría mecánica</i> | 38 |
| III.2.f. - <i>Granulometría por sedimentación</i> | 39 |
| III.2.g. - <i>Límites de Atterberg</i> | 40 |
| III.2.h. - <i>Determinación de sales totales disueltas</i> | 41 |
| III.2.i. - <i>Compactación Proctor</i> | 41 |
| III.2.j. - <i>Compresión Simple</i> | 43 |
| III.2.k. - <i>Superficie específica S_e-Absorción de azul de metileno</i> ... | 44 |
| III.2.l. - <i>CBR (California Bearing Ratio)</i> | 47 |
| III.3.- RESULTADOS Y ANALISIS DE SUELOS | 53 |
| IV. - MATERIAL ESTABILIZANTE – SILICATOS | 72 |
| IV.1.- CONCEPTO DE SILICATO | 72 |
| IV.2.- TIPOS DE SILICATOS | 73 |
| IV.2.a. - <i>Nesosilicatos</i> | 73 |
| IV.2.b. - <i>Sorosilicatos</i> | 74 |
| IV.2.c. - <i>Ciclosilicatos</i> | 75 |
| IV.2.d. - <i>Inosilicatos</i> | 75 |



| | |
|---|------------|
| IV.2.e. - Filosilicatos | 76 |
| IV.2.f. - Tectosilicatos | 78 |
| IV.3.- SILICATO DE SODIO | 78 |
| IV.3.a. - Propiedades del silicato de sodio | 78 |
| IV.3.b. - Tipos de silicatos de sodio | 79 |
| IV.3.c. - Métodos de fabricación | 80 |
| IV.4.- TAREAS EJECUTADAS EN LABORATORIO | 82 |
| IV.4.a. - Determinación del punto de congelación | 82 |
| IV.4.b. - Determinación del tiempo de secado | 83 |
| V. - ESTABILIZACIÓN DE SUELOS CON SILICATOS | 88 |
| V.1.- ANTECEDENTES | 88 |
| V.1.a. - Historia del mejoramiento de suelo con silicato | 88 |
| V.1.b. - Métodos de inyección | 89 |
| V.1.c. - Permanencia | 89 |
| V.1.d. - Limitaciones | 90 |
| V.1.e. - Silicato de sodio como agente estabilizador – Mecanismo de reacción suelo-silicato de sodio | 90 |
| V.2.- TAREAS REALIZADAS EN LABORATORIO | 92 |
| V.2.a. - Determinación de fase líquida | 93 |
| V.2.b. - Proctor Estándar | 95 |
| V.2.c. - Límites de Atterberg | 96 |
| V.2.d. - Lavado Tamiz N° 200 | 96 |
| V.2.e. - Granulometría Mecánica | 96 |
| V.2.f. - Batería de ensayos químicos | 96 |
| V.2.g. - Azul de metileno | 96 |
| V.2.h. - Compresión Simple | 96 |
| V.2.i. - CBR (California Bearing Ratio) con hinchamiento | 98 |
| V.3.- RESULTADOS Y ANALISIS DE MEZCLAS | 99 |
| V.3.a. - Proctor estándar | 100 |
| V.3.b. - Límites de Atterberg | 102 |
| V.3.c. - Análisis granulométrico | 107 |
| V.3.d. - Compresión simple | 109 |
| V.3.e. - CBR (California Bearing Ratio) | 123 |
| VI. - APLICACIONES | 129 |
| VI.1.- DISEÑO DEL PAQUETE ESTRUCTURAL | 129 |
| VI.2.- DETERMINACION DEL ASENTAMIENTO O AGUELLAMIENTO ELASTICO PUNTUAL | 130 |
| VI.3.- COMPUTO MÉTRICO | 134 |
| VII. - ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL | 138 |



| | |
|---|------------|
| VII.1.- Aspectos Generales | 138 |
| VII.2.- ASPECTOS FÍSICOS | 138 |
| VII.2.a. - <i>Clima</i> | 138 |
| VII.2.b. - <i>Aire</i> | 139 |
| VII.2.c. - <i>Agua</i> | 139 |
| VII.2.d. - <i>Suelos</i> | 139 |
| VII.3.- Aspectos socio-económicos | 140 |
| VII.3.a. - <i>Transporte Público</i> | 140 |
| VII.3.b. - <i>Uso del Suelo</i> | 140 |
| VII.4.- acciones de proyecto | 141 |
| VII.4.a. - <i>Etapas constructiva</i> | 141 |
| VII.4.b. - <i>Etapas operativa</i> | 142 |
| VII.5.- MATRIZ DE LEOPOLD-análisis | 143 |
| VII.5.a. - <i>Etapas constructiva</i> | 143 |
| VII.5.b. - <i>Etapas operativa</i> | 144 |
| VIII. - CONCLUSIONES FINALES | 146 |
| IX. - REFERENCIAS | 152 |



INDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura I. 1: Plan de actividades a realizar..... | 15 |
| Figura II. 1: Distribución Mundial Loess. A. Scheidig. | 19 |
| Figura II. 2: Proceso de formación de los loess (Moll –L, 1988)..... | 21 |
| Figura II. 3: Fenómenos postdeposicionales (Moll –L, 1988). | 25 |
| Figura II. 5: Distribución de loess y loessoides en la Argentina (Zarate 2003). . | 26 |
| Figura II. 4: Distribución de limos y loess (Teruggi, 1956). | 26 |
| Figura II. 6: Distribución de loess y limos en Córdoba (Teruggi, 1957). | 27 |
| Figura II. 7: Distribución de suelos en Córdoba, Argentina (Reginatto, 1970). . | 27 |
| Figura II. 8: Lugar de muestreo, Universidad Católica de Córdoba. | 29 |
| Figura III. 1: Ubicación de los pozos a cielo abierto dentro de la UCC..... | 32 |
| Figura III. 2: Pozo a cielo abierto 1..... | 32 |
| Figura III. 3: Pozo a cielo abierto 2..... | 33 |
| Figura III. 4: Pozo a cielo abierto 3..... | 33 |
| Figura III. 6: Extracción de muestras alteradas. | 35 |
| Figura III. 5: Extracción de muestras inalteradas. | 35 |
| Figura III. 7: Embolsado de muestras..... | 36 |
| Figura III. 8: Proceso de cuarteo de la muestra. | 37 |
| Figura III. 9: Pasante lavado tamiz N° 200. | 38 |
| Figura III. 10: Granulometría mecánica. | 39 |
| Figura III. 11: Granulometría por sedimentación..... | 39 |
| Figura III. 12: Límites de Atterberg. | 40 |
| Figura III. 13: Determinación del límite plástico. | 40 |
| Figura III. 14: Determinación del límite líquido. | 41 |
| Figura III. 15: Equipo de compactación Proctor estándar y modificado..... | 42 |
| Figura III. 16: Ejecución de ensayo de Compactación Proctor. | 42 |



| | |
|---|----|
| Figura III. 17: Desmolde de probeta con extractor de probetas Proctor..... | 43 |
| Figura III. 18: Ejecución de ensayo de compresión simple..... | 44 |
| Figura III. 19: Ensayo azul de metileno sobre M3 PCA-1. | 47 |
| Figura III. 20: Equipo de compactación CBR. | 48 |
| Figura III. 21: Etapa de hinchamiento. | 50 |
| Figura III. 22: Etapa de penetración. | 51 |
| Figura III. 23: Ensayo de Sondeo de Penetración Estándar (SPT). | 56 |
| | |
| Figura IV. 1: Configuración estructural de los silicatos. | 72 |
| Figura IV. 2: Disposición de los 4 oxígenos..... | 72 |
| Figura IV. 3: Disposición de los tetraedros. | 74 |
| Figura IV. 4: Esquema de disposición. | 74 |
| Figura IV. 5: Tetraedros de silicio. | 75 |
| Figura IV. 6: Disposición de las cadenas simples de tetraedros. | 75 |
| Figura IV. 7: Esquema de la disposición de las cadenas dobles de tetraedros. .. | 76 |
| Figura IV. 8: Disposición de los tetraedros en la lámina de siloxano. | 77 |
| Figura IV. 9: Disposición de los dioctaedros..... | 77 |
| Figura IV. 10: Disposición de los trioctaedros. | 77 |
| Figura IV. 11: Estructura de los tectosilicatos..... | 78 |
| Figura IV. 12: Esquema de los distintos métodos de fabricación del silicato de sodio..... | 81 |
| Figura IV. 13: Estado inicial del silicato antes de introducirlo en el congelador. | 82 |
| Figura IV. 14: Estado final del silicato. | 83 |
| Figura IV. 15: Estado inicial del silicato antes de introducirlo en la estufa. | 84 |
| Figura IV. 16: Estado final del silicato evaporada la totalidad del H ₂ O..... | 85 |



| | |
|--|-----|
| Figura V. 1: Engrosamiento de la partícula debido al silicato de sodio. | 91 |
| Figura V. 2: Determinación de fase líquida..... | 94 |
| Figura V. 3: Ensayo de compresión simple sobre probetas T99. | 98 |
| | |
| Figura VI. 1: Perfil transversal tipo..... | 129 |
| Figura VI. 2: Aplanadora tipo. | 131 |
| Figura VI. 3: Traza tentativa de camino de tierra auxiliar en campus UCC. | 135 |
| Figura VI. 4: Perfil tipo de la estructura de pavimento. | 136 |
| | |
| Figura VII. 1: Uso del suelo de la zona de estudio..... | 140 |



INDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla III. 1: Ubicación de las muestras recolectadas..... | 34 |
| Tabla III. 2: Superficie específica teórica para diferentes geometrías..... | 45 |
| Tabla III. 3: Normas y cantidad de ensayos realizados en muestras de suelos loessicos del campus UCC..... | 52 |
| Tabla III. 4: Resultados de ensayos ejecutados y clasificación de las muestras. | 53 |
| Tabla III. 5: Compacidad y Dr (%) según número de golpes de S.P.T. | 57 |
| Tabla III. 6: Relación de vacíos y porosidad total según número de golpes S.P.T..... | 57 |
| Tabla III. 7: Relación para un suelo loésico seco entre el grado de subsidencia “s” y la porosidad “n”. | 58 |
| Tabla III. 8: Valores de Permeabilidad “K” según relación de vacíos. | 59 |
| Tabla III. 9: Riesgo de colapso de un suelo de acuerdo a su potencial (Aravena R. y Kramer P.). | 60 |
| Tabla III. 10: Actividad de minerales de arcilla. | 60 |
| Tabla III. 11: Actividad y tipo de mineral | 61 |
| Tabla III. 12: Resultados obtenidos en ensayo de compresión simple realizado sobre probetas elaboradas a partir de molde T 99 y T180..... | 64 |
| Tabla III. 13: Índice CBR para diferentes valores de penetración..... | 66 |
| Tabla III. 14: Correlación entre el módulo resiliente y el índice CBR. | 67 |
| Tabla III. 15: Valores de módulo resiliente obtenidos a partir del índice CBR. | 68 |
| Tabla III. 16: Correlaciones entre los diferentes valores de respuesta de los suelos. | 68 |
| Tabla IV. 1: Energías molares de formación de los óxidos de los cationes más comunes en los minerales (Besoain, 1985)..... | 73 |
| Tabla IV. 2: Resultados de ensayo “Determinación del tiempo de secado”..... | 84 |



| | |
|--|-----|
| Tabla V. 1: Numero de golpes por capa para las diferentes mezclas. | 98 |
| Tabla V. 2: Resumen de ensayos geotécnicos ejecutados sobre mezclas suelo-silicato..... | 99 |
| Tabla V. 3: Resultados obtenidos para la mezcla 10:1:2 con diferentes tiempos de curado. | 110 |
| Tabla V. 4: Resultados obtenidos para la mezcla 18:1:4 con diferentes tiempos de curado. | 111 |
| Tabla V. 5: Resultados obtenidos para la mezcla 22:1:5 con diferentes tiempos de curado. | 112 |
| Tabla V. 6: Resultados obtenidos para la mezcla 28:1:6 con diferentes tiempos de curado. | 113 |
| Tabla V. 7: Resultados obtenidos para la mezcla 38:1:8 con diferentes tiempos de curado. | 114 |
| Tabla V. 8: Compendio de resultado de módulo de elasticidad para las diferentes mezclas a t=3, 7, 14 y 21 días..... | 115 |
| Tabla V. 9: Compendio de resultado de tensión máxima para las diferentes mezclas | 117 |
| Tabla V. 10: Compendio de resultado de deformación (tensión máxima) para las diferentes mezclas a t=3, 7, 14 y 21 días. | 118 |
| Tabla V. 11: Compendio de resultado de tensión de corte para las diferentes mezclas | 119 |
| Tabla V. 12: Puntuación de las diferentes mezclas en función de los parámetros analizados. | 122 |
| Tabla V. 13: Compendio de resultados de índice CBR a 4 días de hinchamiento..... | 124 |
| Tabla V. 14: Compendio de resultados de índice CBR a 11 días de hinchamiento. | 125 |
| | |
| Tabla VI. 1: Características geométricas..... | 129 |
| Tabla VI. 2: Pesos totales y por rodillo de aplanadora tipo..... | 130 |
| Tabla VI. 3: Asentamientos..... | 132 |
| Tabla VI. 4: Asentamientos admisibles (Sowers). | 133 |
| Tabla VI. 5: Pesos totales y por rodillo de aplanadora tipo..... | 134 |



INDICE DE GRAFICOS

| | |
|--|---------|
| Gráfico III. 1: Valores de porcentaje de densidad relativa (% D_r) Vs..... | 55 |
| Gráfico III. 2: Variación de la porosidad total según la granulometría. | 58 |
| Gráfico III. 3: Colapsibilidad a partir de límite líquido y densidad seca..... | 59 |
| Gráfico III. 4: Densidad seca máxima T99 para el ensayo proctor estándar (T99). | 61 |
| Gráfico III. 5: Contenido de humedad óptimo para el ensayo proctor estándar T99..... | 62 |
| Gráfico III. 6: Límite plástico de las diferentes muestras..... | 62 |
| Gráfico III. 7: Límite líquido de las diferentes muestras..... | 63 |
| Gráfico III. 8: Índice de plasticidad de las diferentes muestras..... | 64 |
| Gráfico III. 9: Compendio de resultado de compresión simple en probetas saturadas elaboradas a partir del remoldeo a partir del ensayo proctor T 99 y T 180 sin silicato. | 65 |
| Gráfico III. 10: CBR suelo natural..... | 67 |
| Gráfico IV. 1: Variación del peso de la muestra Vs tiempo. | 85 |
| Gráfico V. 1: Humedad óptima para las diferentes mezclas..... | 100 |
| Gráfico V. 2: Densidad seca para las diferentes mezclas. | 101 |
| Gráfico V. 3: Límite plástico para las diferentes mezclas. | 102 |
| Gráfico V. 4: Límite líquido para las diferentes mezclas. | 103 |
| Gráfico V. 5: Índice de plasticidad para las diferentes mezclas. | 104 |
| Gráfico V. 6: Correlación de los Límites de Atterberg para las diferentes mezclas..... | 105 |
| Gráfico V. 7: Carta de plasticidad (Redolfi et al., 1986)..... | 106 |
| Gráfico V. 8: Carta de plasticidad AASHTO. | 106 |
| Gráfico V. 9: Coeficientes de uniformidad para las diferentes mezclas..... | 107 |
| Gráfico V. 10: Coeficientes de curvatura para las diferentes mezclas. | 109 |



| | |
|--|-----|
| Gráfico V. 11: Compendio de resultados de compresión simple en probetas no saturadas para mezcla 10:1:2 a t=3, 7, 14 y 21 días. | 110 |
| Gráfico V. 12: Compendio de resultado de compresión simple en probetas no saturadas para mezcla 18:1:4 a t=3, 7, 14 y 21 días. | 111 |
| Gráfico V. 13: Compendio de resultado de compresión simple en probetas no saturadas para mezcla 22:1:5 a t=3, 7, 14 y 21 días. | 112 |
| Gráfico V. 14: Compendio de resultado de compresión simple en probetas no saturadas para mezcla 28:1:6 a t=3, 7, 14 y 21 días. | 113 |
| Gráfico V. 15: Compendio de resultado de compresión simple en probetas no saturadas para mezcla 38:1:8 a t=3, 7, 14 y 21 días. | 114 |
| Gráfico V. 16: Variación del modulo de elasticidad en función del tiempo de curado para las diferentes mezclas. | 115 |
| Gráfico V. 17: Variación de la tensión máxima en función del tiempo de curado para las diferentes mezclas. | 117 |
| Gráfico V. 18: Variación de la deformación (tensión máxima) en función del tiempo de curado para las diferentes mezclas. | 119 |
| Gráfico V. 19: Variación de la tensión de corte función del tiempo de curado para las diferentes mezclas | 120 |
| Gráfico V. 20: Correlación módulos de elasticidad. | 121 |
| Gráfico V. 22: Correlación de los distintos valores de CBR para las diferentes mezclas analizadas..... | 124 |
| Gráfico V. 23: Correlación de los distintos valores de CBR para las diferentes mezclas analizadas..... | 125 |
| Gráfico V. 24: Correlación de los principales parámetros de las mezclas 10:1:2 y 22:1:5..... | 127 |



CAPITULO I

INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS DEL TRABAJO FINAL



I. - INTRODUCCION Y OBJETIVOS DEL TRABAJO FINAL

I.1.- INTRODUCCIÓN

Este informe ha sido preparado en el marco de la Tesis de Grado de la carrera Ingeniería Civil de la Universidad Católica de Córdoba.

En este sentido, se ha optado analizar la interacción del silicato con un suelo loessico y la idoneidad del silicato de sodio como agente estabilizador para fines viales. La información de algunos antecedentes con silicato, así como las propuestas realizadas, están basadas en bibliografías recabadas de la facultad de ing. de la UCC; siendo la base de la investigación la tesis de Sebastián Moretto (título año).

La zona de interés de este Informe se limita al predio de la Universidad Católica de Córdoba (Sede Campus), ubicado en la Av. Armada Argentina 3555 (camino a Alta Gracia km. 7 1/2), Ciudad de Córdoba, provincia de Córdoba, Argentina.

I.2.- OBJETIVOS

I.2.a. - Objetivo General

Los objetivos generales del trabajo de investigación son:

- Aplicar conocimientos adquiridos durante la carrera.
- Aplicar las normas técnicas pertinentes.
- Investigar la interacción física y mecánica del loess-silicato.

I.2.b. - Objetivos Particulares

Los objetivos particulares del trabajo de investigación son:

- Caracterizar geotécnicamente al suelo en estudio.
- Obtener las proporciones de suelo-silicato-agua necesarias para obtener una mezcla estabilizada tenso-deformacionalmente.
- Sintetizar los aspectos metodológicos utilizados durante la dosificación.
- Lograr un suelo para uso vial con capacidad portante aceptable para un incremento de la vida útil de la superficie de rodamiento.
- Cuantificar económicamente la estabilización de un Km de camino tierra mediante la utilización una mezcla de loess-silicato de sodio óptima.



I.3.- HIPOTESIS

La adición de silicato de sodio a los suelos colapsibles (loess) produce una estabilización aceptable en el tiempo de la capacidad de carga ante el rodamiento de vehículos.

I.4.- ENFOQUE METODOLOGICO

A continuación, se detalla a través del siguiente esquema director (Ver Figura I.1), el plan de actividades a desarrollar para la elaboración del presente trabajo final:

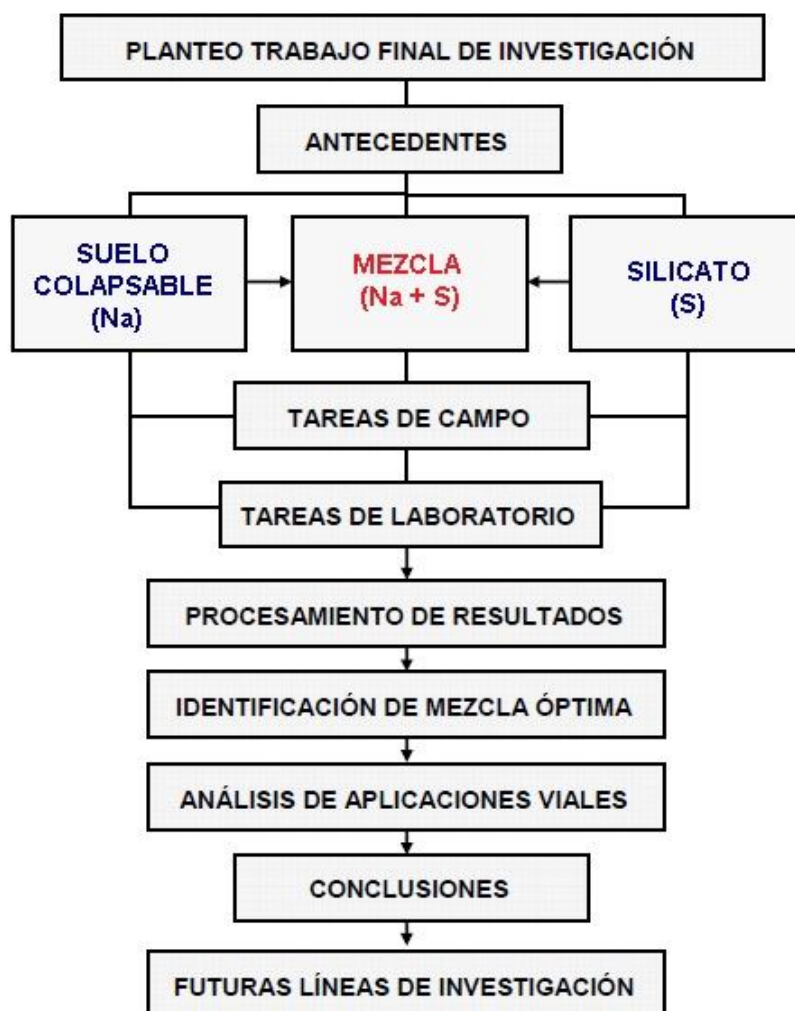


Figura I. 1: Plan de actividades a realizar.



I.5.- METODOLOGIA SUCINTA

Lo primero que se realizará en este trabajo final será la búsqueda de antecedentes relacionados a la estabilización de suelos con silicato, sumado a la lectura de los antecedentes ya recabados por alumnos.

A continuación, se planificarán campañas in situ para la búsqueda de muestras representativas de suelos loessicos/colapsibles en el campus de la Universidad Católica de Córdoba (UCC).

Una vez obtenidas y rotuladas las muestras, éstas serán trasladadas al laboratorio de geotecnia de la Universidad Católica de Córdoba para ser ensayadas y caracterizadas correspondientemente.

El set de ensayos geotécnicos a realizar será subdividido en 2 materiales principales a estudiar: suelo y suelo con silicato de sodio.

El silicato de sodio utilizado es líquido y fácilmente adquirible comercialmente en la ciudad de Córdoba.

A continuación se enumeran algunos de los ensayos previstos a ejecutar para ambos materiales:

1. Descripción e identificación del suelo
2. Ensayos químicos: pH, Conductividad eléctrica, CaO₃, PSI
3. Determinación de sales totales disueltas
4. Determinación del contenido de humedad
5. Ensayo Azul de metileno
6. Contenido de pasante por el lavado de tamiz n° 200
7. Límites de Atterberg
8. Granulometría mecánica
9. Granulometría por sedimentación
10. Compactación Proctor estándar (T99)
11. Compactación Proctor modificado (T180)
12. Compresión simple
13. California Bearing Ratio (CBR)

Cabe destacar que previo a realizar todos los ensayos sobre el suelo con silicato de sodio descriptos anteriormente, se realizará un ensayo para determinar el intervalo de valores entre los cuales se debe encontrar la fase



liquida de la mezcla de tal modo que se pueda lograr una correcta compactación por vía seca de la misma.

Por otro lado, se realizarán sobre el silicato de sodio líquido los siguientes ensayos:

1. Determinación de la temperatura de solidificación ante el congelamiento.
2. Determinación del tiempo de solidificación ante el calor de una estufa a 100 °C.

Todos los resultados de los ensayos en los distintos materiales principales (suelo o suelo con silicato), se procesarán para analizar parámetros propios de una estabilización de un camino de tierra.



CAPITULO II

UBICACIÓN Y ASPECTOS TÍPICOS DE LOS SUELOS UTILIZADOS

II. - UBICACIÓN Y ASPECTOS TÍPICOS DE LOS LOESS

El loess es un sedimento clástico no compacto compuesto por granos de diámetros comprendidos entre 0.075 (mm) y 2 (μm) cuyos minerales principales son cuarzo, feldespato, calcita y mica. Poseen un color característico tipo pardo claro hasta amarillento lo cual se debe principalmente a los hidratos de óxido de hierro (limonita por ej.).

El término “loess” está basado en la denominación alemana “Loesch” que la población local hace de los sedimentos sueltos del valle del Rin, próximo a la localidad de Heidelberg y que tiene equivalentes en la mayoría de los idiomas de los países con extensiones importantes de estos sedimentos.

En la Argentina constituyen el principal depósito de su tipo en Sudamérica cubriendo más de 600.000 Km² de superficie. El limo/loess argentino fue mencionado por primera vez por Alfred Scheidig en 1934 en su libro “Der Loess Und Seine Geotechnischen Eigenschaften”. Dicha publicación constituye uno de los primeros escritos asociados a la temática en cuestión. (Ver Figura II.1)

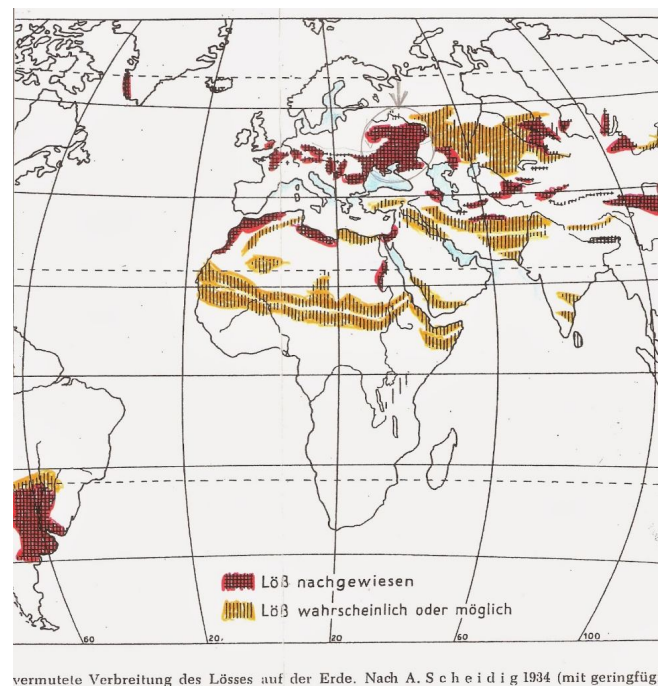


Figura II. 1: Distribución Mundial Loess. A. Scheidig.



Existieron diversas controversias respecto a su proceso formacional. Inicialmente se consideraba que eran depósitos de origen eminentemente fluvial. Estudios por parte de Ferdinand Von Richthofen demostraron su origen también eólico.

Existen distintas terminologías para diferenciar las peculiares características de estos sedimentos según la zona o región deposicional. Entre ellas están:

- Loess primarios: sedimentos depositados en ciclos cuaternarios de baja pluviosidad, que se han mantenido desde entonces sin sufrir cambios importantes. Se caracterizan por poseer una estructura altamente plegable (autocolapsable).
- Loess secundarios: sedimentos conformados sobre la base de un loess, compactados o cementados por procesos postdeposicionales.
- Limos loésicos, loessoides o loessiformes: sedimentos conformados sobre la base de un loess, removidos y luego depositados por procesos hídricos (fluviales, glaciales, etc.)
- Paleosuelos: edafización realizada sobre el loess en ciclos húmedos cuaternarios.
- Toscas: capas limosas con cementación carbonática o silícea.

a) Proceso de formación

El proceso de formación del loess debe abarcar desde el proceso de formación del material, su producción, transporte, deposición del loess y posteriores fenómenos postdeposicionales. La figura a continuación muestra de manera sintética las distintas etapas. (Ver Figura II. 2)

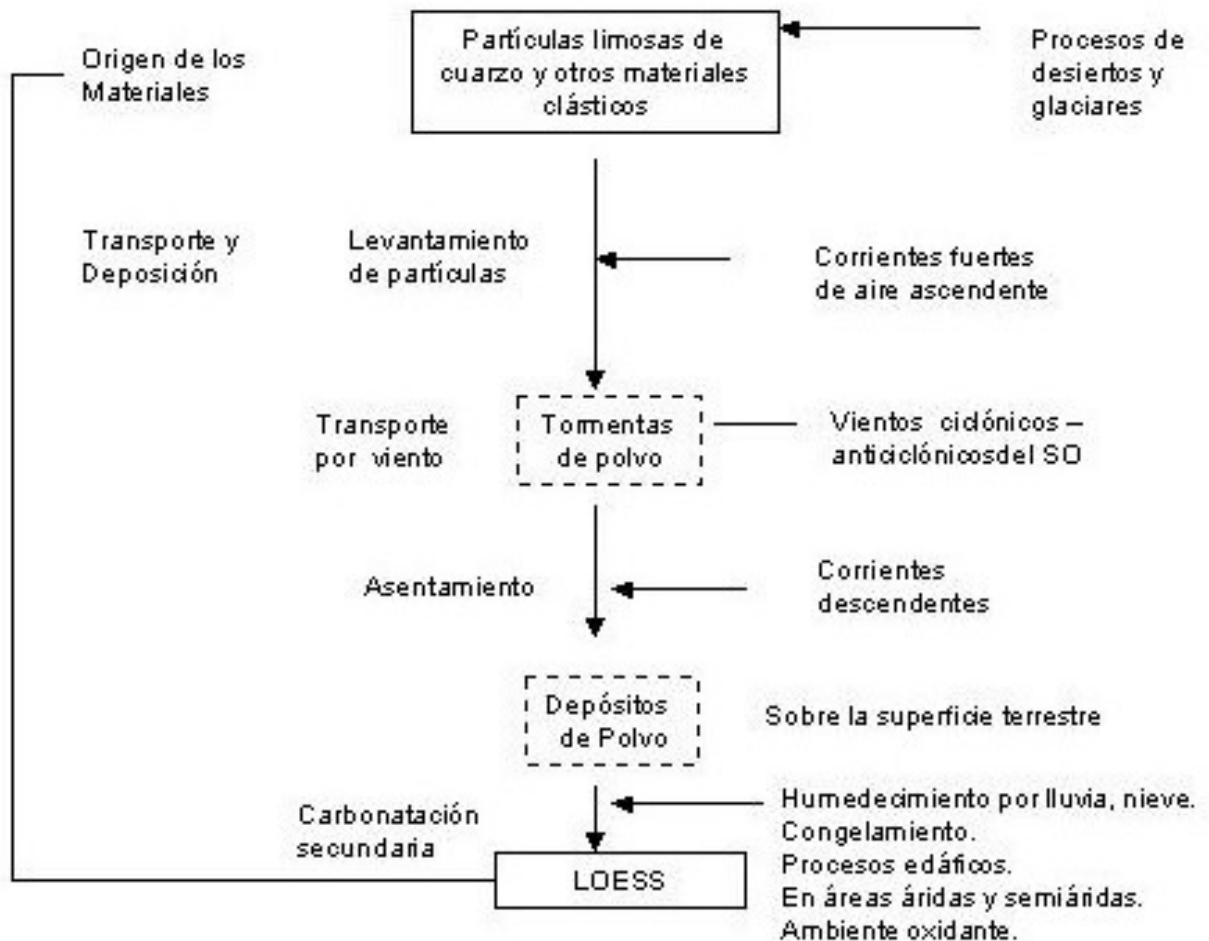


Figura II. 2: Proceso de formación de los loess (Moll -L, 1988).

• Producción de materiales loésicos

Los materiales loessicos, están asociados en todo el mundo a fenómenos de denudación de grandes superficies, asociados a ciclos glaciares e interglaciares y pluviales que tuvieron lugar durante el periodo cuaternario.

Centrándonos en los sedimentos eólicos pampeanos, existen dos orígenes complementarios de materiales constitutivos. Por un lado derivado de la fuerte actividad volcánica a fines del terciario y durante el cuaternario en la zona de los Andes y provincia de Córdoba y otro caracterizado por la acción eólica en las sierras pampeanas.



Los estudios de Frenguelli (1955) sobre los loess y los limos parten de la base de una acumulación en la región pampeana de partículas limosas constituidas por silicatos solubles derivadas de la alteración hidrolítica de rocas volcánicas y tobáceas propias del este y noroeste argentino.

Esta alteración se dio “in situ” bajo condiciones de disgregación física de las rocas y un elevado grado de disociación hidrolítica de las aguas meteóricas.

Desde las zonas de origen, estos materiales se transportaron por vía eólica conjuntamente con partículas limosas y arenosas de cuarzo, silicatos insolubles diversas proporciones de cenizas volcánicas.

En función de distintas muestras de loess de la provincia de Buenos Aires, se especula que los materiales son propios de los valles patagónicos y zonas cordilleranas del sur del territorio.

Partiendo de los mismos argumentos anteriormente expuestos, Zarate y Blasi (1991) consideran al volcanismo como el principal proceso en la formación de partículas, reconociendo dos mecanismos principales de abastecimiento:

- a) Mediante lluvia de cenizas volcánicas
- b) Mediante tormentas de polvo

Iriondo y Kröhling (1995) establecen como zona de origen de los materiales la zona de alta cordillera, precordillera y piedemonte cordillerano, limitada por la cuenca del Bermejo-Desaguadero-Salado que abarca partes de:

- Cordillera Principal, con un subsuelo caracterizado por andesitas, porfiritas, areniscas y margas. Sufrió volcanismo durante todo el Cenozoico y procesos criogénicos hasta la actualidad. Comprende un área de 25.000 Km².
- Cordillera Frontal, formada por sedimentitas oceánicas metamorfizadas, andesitas, pórfidos e intrusiones graníticas. Extensión similar a la anterior.
- Precordillera, constituida por rocas sedimentarias afectadas por una importante actividad magmática, intrusiva y efusiva permo-triásica. Abarca 17.000 Km².
- Bloque de San Rafael, compuesto por pórfidos, tobas y areniscas paleozoicas y triásicas, abarca unos 10.000 Km².



- Alrededor de 150.000 Km² de la cuenca del Desaguadero, que están por encima de los mil metros de altitud, lo que deja una extensa superficie sujeta a criogénesis durante los períodos fríos del Cuaternario.

Por otra parte Blarasin y Sánchez (1987) reconoce a las asociaciones minerales de muestras analizadas en el sur de la Provincia de Córdoba, como provenientes de las Sierras Pampeanas, complejo ígneo - metamórfico ubicado entre los 27 ° S y 34 ° S.

Posiblemente en toda la zona de deposición de sedimentos loessicos se combinen las teorías exógena y endógena sobre la proveniencia de los materiales, como se puede deducir de los estudios de Eric (1992).

Se trabajó sobre muestras de la llamada formación pampeana caracterizada por más de 30 m de limos eólicos de tipo loessico, ubicados en la zona de deposición eólica periserrana, encontrándose una mineralogía que refleja la litología del basamento cristalino de Sierras Pampeanas (cuarzo, feldspatos, biotita, epidoto, turmalina, etc.) combinada con vidrio volcánico en porcentajes del 11% al 30% como elemento exógeno. Esta Formación tiene asignada una edad Pleistoceno medio a superior.

Es también de importancia tener en cuenta la actividad volcánica moderna en la Provincia de Córdoba, con aporte de cenizas y sedimentos piroclásticos provenientes de las siguientes regiones:

- Cordón occidental de las Sierras de Córdoba (Zona Volcánica de Pocho):
- Extremo sur de las Sierras de Córdoba. (Región de Chaján).

• Transporte y sedimentación

Existe una coincidencia generalizada en señalar al medio de transporte eólico para todos los depósitos loésicos del mundo, quienes se encuentran en áreas peridesérticas o periglaciales, vinculadas con el lugar de procedencia de los materiales a través de zonas intermedias compuestas por sedimentos de granulometría decreciente entre los tamaños arena y limo (Swineford y Frye, 1955).

En el caso de los loess argentinos, desde las zonas de origen, los materiales son transportados por vía eólica a través de las corrientes inferiores complementándose con las corrientes superiores. A estas últimas se les asigna



el transporte de las cenizas volcánicas desde su centro de emisión hasta la sedimentación en la llanura pampeana.

Al igual que las cenizas, las partículas limosas del loess habrían alcanzado las capas superiores para posteriormente caer en forma de lluvia de polvos meteóricos. Esta caída estaba acompañada por lluvia de polvos meteóricos o bien

Para el loess argentino, desde las regiones de origen los materiales son transportados por vía eólica a través de las corrientes inferiores, que se complementan con las corrientes superiores. A estas últimas -de mayor alcance e importancia que las primeras- se les asigna el transporte de las cenizas volcánicas desde su lejano centro de emisión hasta su sedimentación en la llanura pampeana. Del mismo modo que las cenizas, las partículas limosas del loess habrían alcanzado las capas aéreas superiores, para caer luego, en forma de lluvia de polvos meteóricos.

La caída de estas partículas puede suceder acompañada de lluvia o bien de manera directa durante las épocas secas del Cuaternario, enturbiando el aire y recubriendo el suelo de finas capas de polvo.

Estos fenómenos pueden apreciarse en la actualidad durante las “tormentas de tierra” que suelen sucederse en los meses de Agosto y Septiembre en la Llanura Pampeana.

- Procesos postdeposicionales

El polvo atmosférico depositado sobre la superficie en regiones áridas o semiáridas es afectado por la lluvia, nieve, actividad biológica, etc. Al no ser motivo de la investigación en curso, se exponen de manera sintética en el siguiente cuadro los distintos fenómenos postdeposicionales. (Ver Figura II. 3)



Figura II. 3: Fenómenos postdeposicionales (Moll –L, 1988).

b) Distribución geográfica

Teruggi (1956) elaboró un mapa que muestra la zona del territorio Argentino cubierto por este tipo de depósitos. Se les atribuye espesores entre 30 m y 60 m. (Ver Figura II.4)

Una de las tantas distribuciones de los loess y limos, es la de Zarate (2003) basándose en las explicaciones de Teruggi (1956) y Sagayo (2001), (Ver Figura II.5) En la misma, se designa TC al tipo Chaqueño, y TP al Pampeano Sur.

En la provincia de Córdoba, los limos y los loess constituyen el principal suelo regional, los cuales cubren una vasta región de Argentina que abarca las planicies situadas desde las latitudes 23 ° S a 38 ° S. (Ver Figura II.6)

En cuanto a la distribución de los suelos del ámbito experimental en la ciudad de Córdoba, se consideró aquí la presentada por Reginatto en década del 70; identificando, los suelos a estudiar en la zona D, (Ver Figura II.7). Desde ya no es la única desarrollada en el campo de los ingenieros geotécnicos de la provincia de Córdoba. La misma, se compone de una capa superior de varios metros de espesor de loess y limos “colapsibles”, de capacidad portante baja y por debajo de esta, hay estratos arenosos o limo-arenosos cementados de buena capacidad portante.

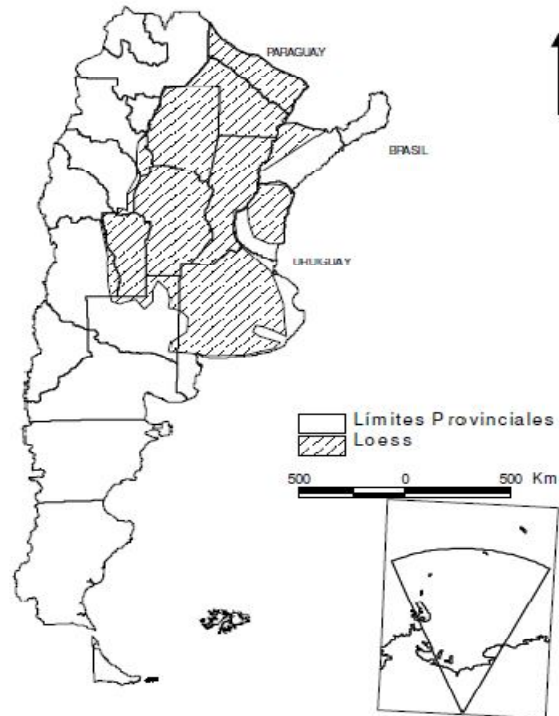


Figura II. 4: Distribución de limos y loess (Teruggi, 1956).

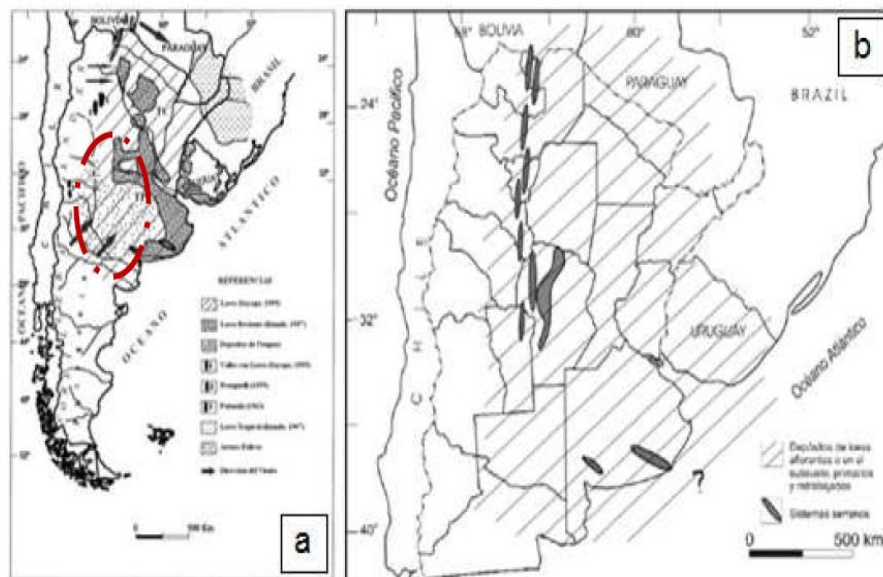


Figura II. 5: Distribución de loess y loessoides en la Argentina (Zarate 2003).

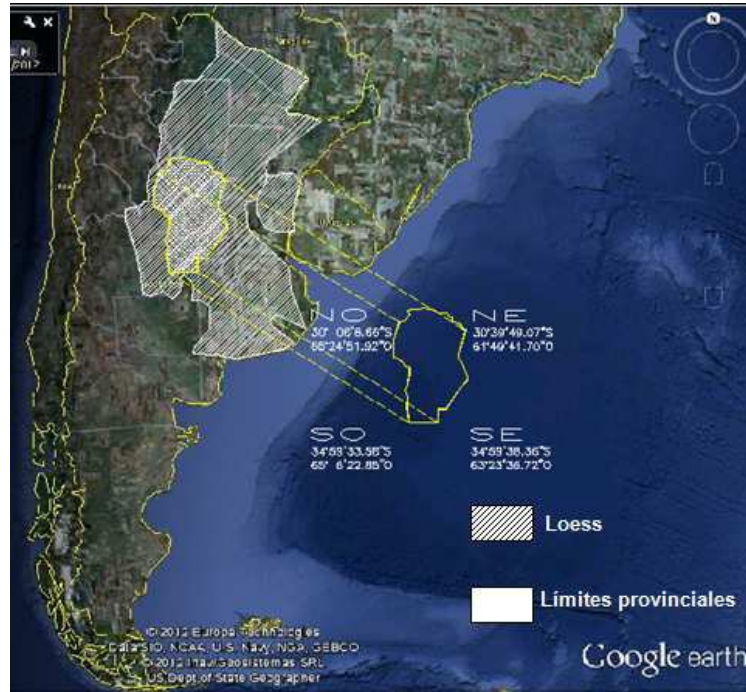


Figura II. 6: Distribución de loess y limos en Córdoba (Teruggi, 1957).

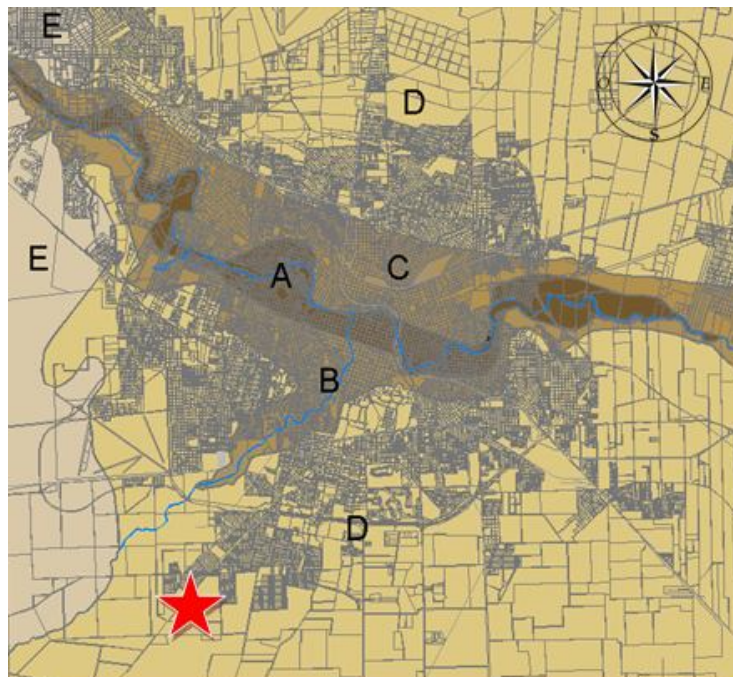


Figura II. 7: Distribución de suelos en Córdoba, Argentina (Reginatto, 1970).



El perfil estratigráfico de la ciudad de Córdoba, está compuesto por bancos de loess eólico y camadas aluviales que descendieron de las sierras vecinas. Según Frenguelli (1925), los primeros corresponden a las fases secas del clima cuaternario, mientras que los sedimentos aluviales se depositaron durante fases húmedas, que a su vez produjeron cambios, a veces importantes, en los loess primarios, generando limos loessoides. En función de ello, esquemáticamente, se puede decir que el cuaternario de Córdoba se distribuye en forma diferente en las llanuras (altos de la ciudad) y en las zonas del cauce del Río Sequía y de sus afluentes.

Según Roca y otros (1989) el perfil estratigráfico del loess en la zona pampeana puede dividirse en dos complejos litológicos:

1. La parte superficial (0,2 a 15,0 metros) comprende los loess modernos, primarios, muchas veces colapsibles, que corresponden a los pisos Cordobense y Platense de la formación pampeana formados en Pleistoceno Superior.
2. El resto (15,0 a 50,0 metros) abarca a los loess antiguos y limos loessoides, generalmente no colapsibles producto de sedimentación hídrica y eólica, desarrollada y/o influenciada por fases húmedas del clima cuaternario

Los suelos loessicos a ser estudiados en este trabajo final son los de la parte superficial (0,2 a 15,0 metros de profundidad) y provienen del campus de UCC. (Ver Figura II.7 y Figura II.8)

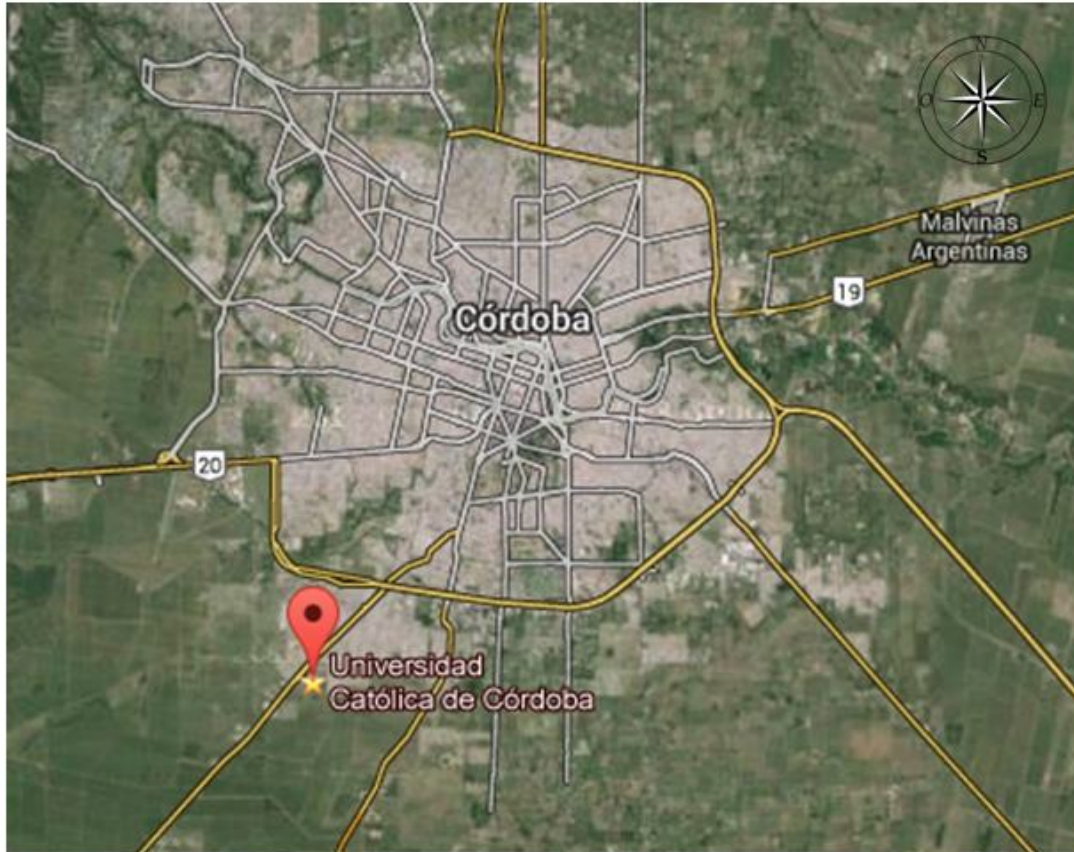


Figura II. 8: Lugar de muestreo, Universidad Católica de Córdoba.



CAPITULO III

MATRIZ PREDOMINANTE – SUELOS



III. - MATRIZ PREDOMINANTE – SUELOS

Los suelos estudiados se localizan en un sector loessico correspondiente a una planicie de origen eólico de mediados del pleistoceno a principios del holoceno según Moll –L, (1988). Este dominio se caracteriza por un plano suavemente ondulado modelado en la potente cubierta sedimentaria limo-loessoide, con una inclinación regional hacia el este.

En general, la diferencia más significativa entre el loess de Argentina y otras formaciones de loess de todo el mundo, es la presencia de minerales de vidrio volcánico (Teruggi 1957; Moll y Rocca 1991; Quintana 2005). Estos suelos se clasifican como ML o CL-ML en el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (S.U.C.S.).

Entre otras características generales, se podrían mencionar que estos sedimentos presentan la siguiente mineralogía: abundancia de plagioclasas (20-60%), relativamente poco de cuarzo (20-30%) y un porcentaje significativo de vidrio volcánico (15-30%). El contenido de carbonato de calcio, por lo general oscila, entre 2 y 10%. El loess es de naturaleza alcalina ($\text{pH} > 8$). Los iones intercambiables más abundantes, son el sodio y el calcio. La superficie específica, es controlada principalmente por la fracción de arcilla y varía desde $1 \text{ m}^2/\text{gr}$ a $10 \text{ m}^2/\text{gr}$. El índice de plasticidad del loess primario (capas superiores) es muy bajo (menor a 6%) y aumenta con la profundidad en las capas de loess secundarios correspondientemente. El peso unitario seco varía de $1,25 \text{ Tn/m}^3$ a $1,45 \text{ Tn/m}^3$ y, la gravedad específica promedio ronda los 2,65. El contenido natural de agua varía, principalmente con la profundidad del 12% al 15% en la superficie hasta más de 25% a una profundidad de 20 m. El peso máximo unitario seco obtenido de la prueba próctor estándar ronda entre $1,65 \text{ Tn/m}^3$ a $1,75 \text{ Tn/m}^3$; siendo, el contenido óptimo de agua variable de 16% a 17%.

III.1.- TAREAS EJECUTADAS EN CAMPO

Luego de identificar geológicamente el yacimiento de suelos de la matriz franco-colapsable estudiado, se analizó extraer muestras de suelos representativas en estado natural (Na) del Campus de la Universidad Católica de Córdoba.

Se realizaron 3 pozos a cielo abierto (PCA) a modo de exploraciones geotécnicas en ubicaciones seleccionadas estratégicamente para que las muestras extraídas de los mismos sean representativas. (Ver Figura III.1, Figura III.2, Figura III.3 y Figura III.4; Ver plano de balizamiento de pozos en Anexo A)



Cabe mencionar que del departamento de infraestructura de UCC, se entregó como antecedente geotécnico profundo (casi 19 m de profundidad) (Ver Figura III.23).

Estos resultados corresponden a la campaña geotécnica analizada en la zona de los nuevos edificios de ciencias agropecuarias (frente a la Facultad de arquitectura).

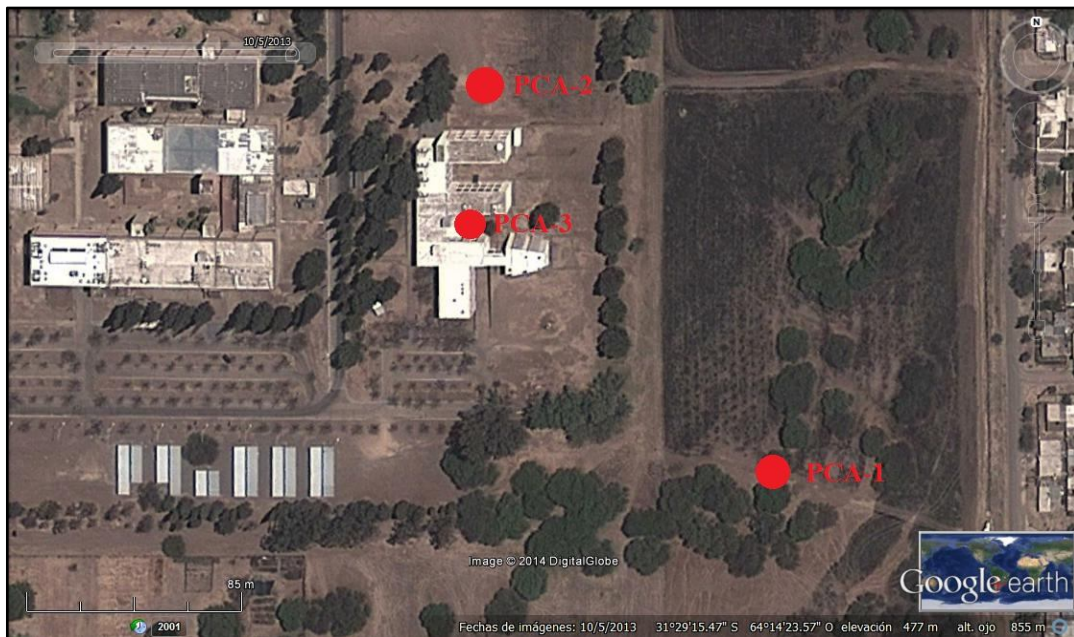


Figura III. 1: Ubicación de los pozos a cielo abierto dentro de la UCC.



Figura III. 2: Pozo a cielo abierto 1.



Figura III. 3: Pozo a cielo abierto 2.



Facultad de Ingeniería



Ascensor en subsuelo



Excavación del fondo de ascensor



Excavación del espacio para el pistón del ascensor

Figura III. 4: Pozo a cielo abierto 3.



A continuación se citan la profundidad y tipo de muestras de suelos extraídos de los 3 (tres) pozos a cielo abierto. (Ver Tabla III.1)

| Pozo | Muestra | TIPO DE MUESTRA | PROFUNDIDAD [m] | COTA [m] | LATITUD | LONGITUD |
|-------|---------|-----------------|-----------------|----------|---------------|---------------|
| PCA-1 | M1 | ALTERADA | 0,00 | 476,0 | 31°29'17.31"S | 64°14'19.99"O |
| | M2 | ALTERADA | 0,60 | 476,4 | | |
| | M3 | ALTERADA | 1,00 | 475,0 | | |
| PCA-2 | M1 | INALTERADA | 3,00 | 478,0 | 31°29'14.12"S | 64°14'24.56"O |
| PCA-3 | M1 | ALTERADA | 0,00 | 477,5 | 31°29'12.44"S | 64°14'24.50"O |

Tabla III. 1: Ubicación de las muestras recolectadas.

Metodología de extracción

- Tipo de exploración: PCA (Pozo a Cielo Abierto).
- Tipo de inspección: directa.
- Sección de la perforación en campo: 0,80 m por 1,00 m.
- Elementos de excavación: set de palas ancha y punta.
- Tipo de muestras: inalteradas y alteradas según el PCA y la profundidad.

A continuación se describen los tipos de muestras:

- a) Extracción de muestras inalteradas: se perfiló con la pala de punta una probeta de ancho 20 cm por 30 cm de alto según croquis normativo. (Ver Figura III.5).

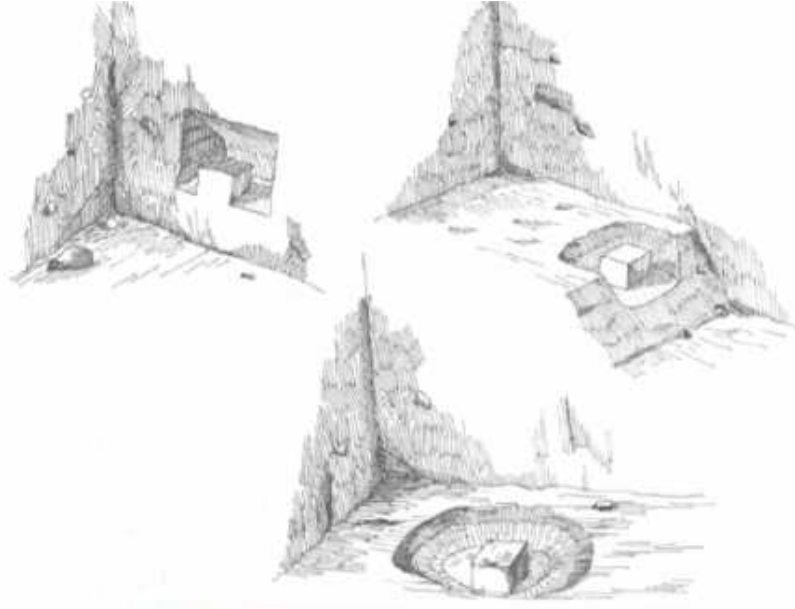


Figura III. 5: Extracción de muestras inalteradas.

- b) Extracción de muestras alteradas: Se recolectó una gran cantidad de muestra de loess para ser utilizado en la elaboración de ensayos viales; siendo estos demandantes de un gran volumen de suelo alterado. (Ver Figura III.6).



Figura III. 6: Extracción de muestras alteradas.



Para el traslado de las muestras de suelos desde los lugares de muestreo en el campus de la UCC al laboratorio de geotecnia de la Facultad de Ingeniería, se introdujeron las mismas en bolsas plásticas perfectamente cerradas e identificadas a partir de un rótulo especificando: fecha, número de perforación, lugar y la profundidad en las que fueron tomadas. (Ver Figura III.7)



Figura III. 7: Embolsado de muestras.

III.2.- TAREAS EJECUTADAS EN LABORATORIO

Las tareas y ensayos sobre las muestras representativas fueron ejecutadas en el laboratorio de suelos de la Facultad de Ingeniería de la UCC.

Se tuvo en cuenta para realizar los ensayos geotécnicos de este trabajo final las normas ASTM (American Society for Testing Materials).

A continuación se enumeran y describen los ensayos realizados sobre las muestras:

III.2.a. - Descripción e identificación del suelo

El objetivo de este ensayo fue describir el suelo mediante un procedimiento visual y manual, e identificarlo mediante el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos y/o el sistema de la American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO).

Para el ensayo se tuvieron en cuenta características tales como color, olor, contenido de humedad, angulosidad, forma, presencia de carbonatos (a

partir de la reacción del suelo con ácido clorhídrico), consistencia, cementación y estructura. (Ver planillas individuales en Anexo A; Ver cantidad de ensayos realizados en Tabla III.3)

III.2.b. - Ensayos químicos

Los ensayos fueron realizados por la Agencia Córdoba Ambiente. El objetivo principal de esta batería de ensayo químicos fue principalmente poder determinar contenido y distribución de carbonatos presentes en la masa de suelo. Por otro lado también se determinó pH, conductividad eléctrica.

Previo a realizar la batería de ensayos químicos se realizó un cuarteo de las muestras según norma I.R.A.M 1509 de forma tal de obtener así muestras representativas. Se extrajo 6 Kg de suelo de 3 bolsas diferentes. Posteriormente se pasó a dividir las muestras en cuatro partes representativas (Ver Figura III.8), dos de ellas se descartaron. De esta forma se obtuvo dos muestras de suelo de aproximadamente 1,5 Kg cada una por cada bolsa. (Ver planillas individuales en Anexo A; Ver cantidad de ensayos realizados en Tabla III.3)



Figura III. 8: Proceso de cuarteo de la muestra.

III.2.c. - Determinación de contenido de humedad

El objetivo del ensayo es determinar la cantidad de agua gravimétrica presente en la masa de suelo natural, luego de ser secado en estufa a 110°C durante 15 horas aproximadamente. (Ver planillas individuales en Anexo A; Ver cantidad de ensayos realizados en Tabla III.3)

III.2.d. - Pasante lavado por tamiz N° 200

El objetivo del ensayo es separar mediante tamizado por vía húmeda la fracción de suelo fino versus la fracción gruesa. (Ver Figura III.9; Ver planillas individuales en Anexo A; Ver cantidad de ensayos realizados en Tabla III.3)



Figura III. 9: Pasante lavado tamiz N° 200.

III.2.e. - Granulometría mecánica

El objetivo de este ensayo fue determinar los tamaños de las partículas de la masa de suelo mediante separación física. Este ensayo se realizó con la fracción de muestra retenida en el tamiz N°200 en el ensayo de lavado.

Al no ser posible determinar el tamaño real de cada partícula individual, el ensayo se realiza agrupando los granos por intervalos de tamaño en tamices. (Ver Figura III.10; Ver planillas individuales en Anexo A; Ver cantidad de ensayos realizados en Tabla III.3)



Figura III. 10: Granulometría mecánica.

III.2.f. - Granulometría por sedimentación

El objetivo de este ensayo fue determinar el tamaño de las partículas versus el porcentaje de pasante respectivamente en la fracción fina del suelo.

Esto se logra preparando una solución con un dispersante químico que separe las partículas entre sí al entrar en contacto con el agua. (Ver figura III.11; Ver planillas individuales en Anexo A; Ver cantidad de ensayos realizados en Tabla III.3)



Figura III. 11: Granulometría por sedimentación.

III.2.g. - Límites de Atterberg

Atterberg (1900), desarrolló un método para describir la consistencia de los suelos de granos finos con contenido de agua variable. Dependiendo de este contenido de agua, la naturaleza del comportamiento del suelo se clasifica arbitrariamente en cuatro estados básicos. (Ver Figura III.12)

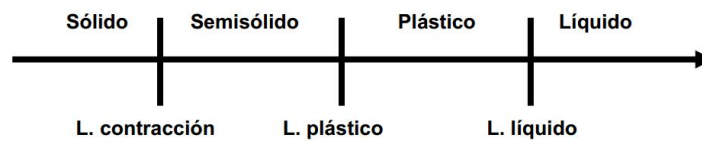


Figura III. 12: Límites de Atterberg.

1. Límite plástico

El objetivo de este ensayo fue determinar la cantidad de agua en forma estadística de la masa de suelo establecida arbitrariamente como el límite entre el estado plástico y el estado no plástico del suelo. (Ver Figura III.13; Ver planillas individuales en Anexo A; Ver cantidad de ensayos realizados en Tabla III.3)



Figura III. 13: Determinación del límite plástico.

2. Límite líquido

El objetivo de este ensayo fue determinar la cantidad de agua en forma estadística de la masa de suelo para el límite entre el estado líquido y plástico de la muestra. Es decir, que es un porcentaje de humedad del suelo, a partir del cual se comporta como un fluido viscoso, perdiendo su plasticidad. (Ver

Figura III.14; Ver planillas individuales en Anexo A; Ver cantidad de ensayos realizados en Tabla III.3)



Figura III. 14: Determinación del límite líquido.

III.2.h. - Determinación de sales totales disueltas

En ciertas obras de ingeniería resulta particularmente importante la presencia de sales solubles en los suelos. Entre ellas se encuentran las obras viales e hidráulicas.

La presencia de sales solubles puede hacer variar las propiedades mecánicas del suelo.

El efecto de las sales sobre la estructura del suelo depende de la clase de sales y sus características de solubilidad, coeficiente de permeabilidad del suelo, cantidad de agua que tienen el suelo, temperatura y otros factores. Su efecto es más dañino en suelos de baja permeabilidad que en aquellos de alta o moderada permeabilidad.

La existencia de sales se determina a partir de la floculación o no del suelo en presencia de agua destilada. (Ver planillas individuales en Anexo A; Ver cantidad de ensayos realizados en Tabla III.3)

III.2.i. - Compactación Proctor

Con este ensayo es posible determinar el peso unitario seco máximo en relación con su grado de humedad.

Existen dos tipos de ensayos Proctor normalizados; el "Ensayo Proctor estándar (T99)" y el "Ensayo Proctor Modificado (T180)". La diferencia entre



ambos está en la distinta energía utilizada (debido al mayor peso del pisón y mayor altura de caída en el Proctor modificado) y al tamaño de cada molde (debido al tipo de suelo, ósea fino ó grueso). (Ver Figura III.15)



Figura III. 15: Equipo de compactación Proctor estándar y modificado.

Se realizaron ambos ensayos a todas las muestras. (Ver Figura III.16; Ver planillas individuales en Anexo A; Ver cantidad de ensayos realizados en Tabla III.3)



Figura III. 16: Ejecución de ensayo de Compactación Proctor.

III.2.j. - Compresión Simple

Este ensayo sólo se realizó sobre la muestra M3 del PCA-1 a 1 m de profundidad¹.

Dado que el objetivo de este trabajo final es estabilizar suelos con fines viales, se reconoció desde aquí en adelante que siempre debería existir algún proceso de compactación para dar una aceptable capacidad de carga o valor soporte al posible tránsito de los caminos de tierra estudiados.

Por ende se planificó obtener probetas de suelo natural compactadas a la densidad seca máxima y con el contenido de humedad óptimo para la energía del proctor estándar como modificado. Desde estas probetas llamadas de aquí en mas remoldeadas, se talló manualmente una probeta esbelta (2 Altura : 1 Diámetro) para ser ensayadas a la compresión axial ($\sigma_3=0$) hasta la rotura, obteniendo como resultado la resistencia al corte no drenado (S_u), la tensión de rotura (σ_r), la deformación de rotura (ϵ_r) y los módulos de elasticidad secante a una deformación del 1%. (Ver Figura III.17 y Figura III.18; Ver planillas individuales en Anexo A; Ver cantidad de ensayos realizados en Tabla III.3)



Figura III. 17: Desmolde de probeta con extractor de probetas Proctor.

¹ En el apartado V se explica la justificación de solamente utilizar esta muestra.



Figura III. 18: Ejecución de ensayo de compresión simple.

III.2.k. - Superficie específica S_e -Absorción de azul de metileno

La superficie específica S_e es definida como la relación entre la superficie de una partícula A_p y su masa m . Resulta una medida independiente y complementaria al análisis granulométrico. Su valor determina el balance entre fuerzas capilares, eléctricas y gravimétricas actuantes sobre las partículas, afecta la fábrica, la permeabilidad y controla la adsorción y retardación durante la difusión química (Santamarina *et al.* 2001). La Tabla V.2 muestra la superficie específica teórica para diferentes geometrías. Las ecuaciones en esta tabla confirman que la S_e está controlada por la menor dimensión de las partículas.




Los límites de Atterberg, son una expresión de la superficie específica de estos suelos. Efectivamente, para una capa de agua absorbida de espesor (h) a una densidad del agua (ρ_w), el contenido de humedad (w) para partículas aplanadas es:

$$w = h \cdot S_e \cdot \rho_w \quad (1)$$

Evidencia experimental confirma que el límite líquido se relaciona con la S_e (Farrar y Coleman 1967):

$$S_e \left[\frac{m^2}{gr} \right] = 1.8 \cdot LL[\%] - 34 \quad (2)$$



| Forma o Geometría | Dimensiones | Ejemplos | Superficie específica |
|---|---|-------------------------------------|--|
| Esferas y cubos  | Diámetro (o lado) D | Alo fanas | $S_e = \frac{6}{D \cdot \rho_w \cdot G_s}$ |
| Cilindros y primas  | Diámetro (o lado) D , largo L (con $L \gg D$) | Halo isita, Imogolita | $S_e = \frac{4}{D \cdot \rho_w \cdot G_s}$ |
| Formas aplanadas  | Espesor t , ancho D , y largo L (con $t \gg L \gg D$) | Montmorillonita, Caolinita, Mica | $S_e = \frac{2}{t \cdot \rho_w \cdot G_s}$ |

ρ_w = densidad del agua, G_s = gravedad específica, S_e = superficie específica

Tabla III. 2: Superficie específica teórica para diferentes geometrías.

Existen distintas técnicas para la determinación de la Se:

1. Absorción de moléculas de una solución-método aconsejado en suelos expansivos;
2. Absorción de moléculas en estado gaseoso, como por ejemplo vapor de agua o CO₂;
3. Otras técnicas basadas en propiedades termodinámicas, en difusividad de los patrones de difracción de rayos X, o en propiedades eléctricas.

La técnica de absorción de azul de metileno corresponde al primer grupo. Es una técnica sencilla, económica y conveniente para cualquier laboratorio. El catión de azul de metileno, AM, tiene forma prismática de dimensiones 17Å x 7.6Å x 3.25Å. La superficie máxima cubierta por una catión de AM es $\sim 130\text{Å}^2$, aunque puede ser menor dependiendo de la orientación del catión con respecto a la superficie de la arcilla que lo absorbe. Los cationes de una solución acuosa de cloruro de azul de metileno son absorbidos por las cargas negativas de la superficie de las arcillas. La Se es computada con la cantidad del AM absorbido. Los pasos a seguir en la técnica de absorción de AM utiliza capilaridad en papel filtro para detectar exceso de catión AM:

1. Preparar la solución acuosa de AM mezclando 1.0 gr de polvo seco de AM con 200 ml de agua deionizada (agua carente de cationes de sodio, calcio, hierro, cobre).
2. Preparar una suspensión de suelo mezclando 10.0 gr de suelo secado a horno con 30 ml de agua deionizada.



3. Agregar solución de AM a la suspensión en incrementos de 0.5 ml.
4. Mezclar la suspensión durante un minuto para dar tiempo al catión AM de ser absorbido sobre la superficie mineral, reemplazando los cationes en la capa difusa.
5. Colocar una gota de la suspensión sobre papel filtro tipo P5. La gota se absorbe por capilaridad formando una marca circular.
6. Terminar el ensayo cuando un halo azul claro se forma concéntricamente alrededor de la gota por papel. Este “punto final” indica exceso de AM en el fluido, es decir, saturación de la superficie mineral.
7. Registrar el numero N de incrementos de 0.5 ml de AM necesarios para alcanzar el “punto final” y computar la Se como:

$$S_e = \frac{1gr}{319.87 \frac{gr}{mol}} \cdot \frac{1}{200ml} \cdot (N \cdot 0.5ml) \cdot N_{AV} \cdot A_{AM} \cdot \frac{1}{10gr} \quad (3)$$

Donde: $N_{AV}=6.02 \times 10^{23}$ moléculas/mol es el Número de Avogadro
 A_{AM} es el área cubierta por un catión de AM, asumida generalmente en 130 \AA^2 .

Este ensayo sólo fue realizado sobre la M3 del PCA-1². (Ver Figura III.19; Ver planillas individuales en Anexo A; Ver cantidad de muestras ensayadas en Tabla III.3)

² En el apartado V se explica la justificación de solamente utilizar esta muestra.

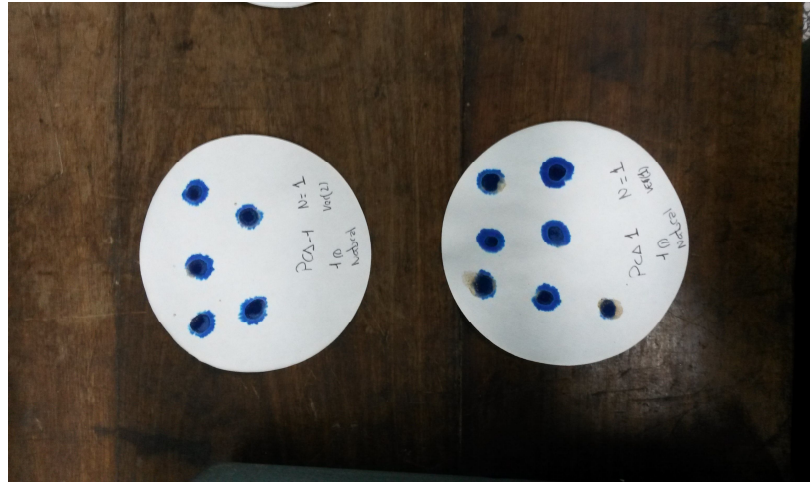


Figura III. 19: Ensayo azul de metileno sobre M3 PCA-1.

III.2.1. - CBR (California Bearing Ratio)

Bajo los parámetros de humedad óptima y densidad seca máxima obtenidos de los ensayos proctor estándar (T 99) ya mencionado, se procedió a ejecutar la probeta CBR para verificar el valor soporte del suelo en estado natural. Este ensayo sólo fue realizado sobre la M3 del PCA-1³. (Ver planilla individual en Anexo A; Ver cantidad de ensayos realizados en Tabla III.3)

Dicho ensayo CBR constó de 3 etapas:

1. Etapa de compactación y armado de la probeta

En el armado de probetas, se cuidó que el suelo a ensayar, sea compactado en el molde CBR a un contenido óptimo de humedad, de manera de alcanzar la densidad seca máxima. Para ello, se tuvieron en cuenta los parámetros obtenidos a partir del ensayo proctor estándar (T 99), y se verificó que la compactación se logre con un mismo nivel de energía, debido a que los moldes del equipo CBR presentan diferentes volúmenes con respecto al equipamiento del ensayo proctor estándar (T 99). (Ver Figura III.20)

³ En el apartado V se explica la justificación de solamente utilizar esta muestra.



Figura III. 20: Equipo de compactación CBR.

Para el moldeo de las probetas CBR es necesario utilizar la misma energía de compactación que se utilizó en el moldeo de las probetas proctor T 99. Conociendo el volumen del molde CBR, el peso del pisón, la altura de caída y la cantidad de capas a emplear, se procedió a despejar el número de golpes requerido para aplicar en el proceso de compactación.

Sabiendo que:

$$E_{T_{99}} = \frac{(N^{\circ} \text{ golpes por capa}) * (N^{\circ} \text{ de capas}) * (\text{Peso del Pisón}) * (\text{Altura de caída del pisón})}{\text{Volumen Molde T99}} \quad (1)$$

$$E_{T_{99}} = \frac{(25) * (3) * (2,5) * (30,5)}{972,39} \quad (2)$$

$$E_{T_{99}} = 5.88 \text{ Kg} \cdot \frac{\text{m}}{\text{m}^3} \quad (3)$$

A partir de igualar las ecuaciones (2) y (3) se despeja la cantidad de golpes necesaria manteniendo constante la E° de compactación y sabiendo que:

- Peso del pisón T-180= 4,45 (Kg)
- Altura de caída del pisón T-180= 45,7 (cm)



- Volumen de molde CBR= 3229,96 (cm³)

Tenemos:

$$N^{\circ} \text{ golpes por capa} = \frac{(\text{Volumen molde CBR}) * (E_{T99})}{(N^{\circ} \text{ de capas}) * (\text{Peso del Pisón}) * (\text{Altura Caída Pisón})} \quad (4)$$

$$N^{\circ} \text{ golpes por capa} = \frac{(3229.96) * (5.88)}{(5) * (4.45) * (45.7)}$$

$$N^{\circ} \text{ golpes por capa} = 18.67$$

De esta manera, la probeta CBR, fue compactada en 5 capas con 20 golpes cada una, igualando de esta manera la energía de compactación lograda en probetas proctor estándar (T 99) compactadas en 3 capas con 25 golpes cada una de ellas.

2. Etapa de hinchamiento

A partir de tener la probeta compactada a la densidad seca máxima y al contenido de humedad optimo en el molde CBR se sumergió la probeta en un recipiente con agua durante 4 días, colocando la muestra sobre 2 placas perforadas (superior e inferior) y sobrecargándola con pesas anulares (4,54 Kg) de manera de ejercer una presión que representa el peso de las capas estructurales que existirán en una subrasante típica. (Ver Figura III.21).

Finalizado el proceso de hinchamiento, se retiró la probeta sumergida del recipiente y se procedió a tomar la humedad de las mismas en 3 puntos diferentes (superior, medio, inferior).



Figura III. 21: Etapa de hinchamiento.

3. Etapa de penetración

A continuación se detalla paso a paso el procedimiento de la etapa de penetración:

- Una vez finalizada la etapa de hinchamiento se quitan los sobrepesos y se pesa la muestra saturada con el fin de apreciar la cantidad de agua absorbida por el espécimen.
- Se colocan de nuevo los sobrepesos (4,54 Kg) sobre la muestra saturada.
- Se coloca la muestra sobre la plataforma de prensa del C.B.R. La muestra debe estar alineada con el pistón; se levanta la plataforma por medio del gato hidráulico hasta que el pistón esté en contacto con la muestra y se le esté aplicando una carga de 10 libras. Después se vuelve a colocar en cero el indicador de carga. Se coloca también el extensómetro en cero.
- Se aplica la carga por medio del gato hidráulico de la prensa del C.B.R. a una velocidad de 0.05" por minuto. Se toma la lectura de las cargas, aplicadas a 0.025, 0.050, 0.075, 0.1, 0.3, 0.4 y 0.5" de penetración del pistón (Ver Figura III.22).
- Se saca la muestra del molde con un extractor de probetas y se determina la humedad (superior, medio, inferior de la muestra).



Figura III. 22: Etapa de penetración.



A continuación se muestra en la Tabla III.3 donde se enuncian las normas y las cantidades totales de cada ensayo realizado.

| Nº | ENSAYO | NORMA | CANTIDAD |
|----|--|-----------------------------|----------|
| 1 | Descripción e identificación del suelo | ASTM D 2488 | 5 |
| 2 | Ensayos químicos: pH, conductividad eléctrica, CaCO ₃ , PSI | - | 4 |
| 3 | Determinación del contenido de humedad | ASTM D 2216 | 5 |
| 4 | Pasante lavado tamiz n° 200 | ASTM D 1140 | 5 |
| 5 | Granulometría mecánica | ASTM D 422 | 5 |
| 6 | Granulometría por sedimentación | ASTM 422 | 5 |
| 7 | Limite liquido | ASTM D 4318 | 5 |
| 8 | Limite plástico | ASTM D 4318 | 5 |
| 9 | Determinación de sales totales disueltas | E-18 de la DNV | 5 |
| 10 | Compactación Proctor estándar | ASTM D 698 | 5 |
| 11 | Compactación Proctor modificado | ASTM D 1557 | 5 |
| 12 | Ensayo de azul de metileno | - | 1 |
| 13 | CBR (California Bearing Ratio) | ASTM D 1883 | 1 |
| 14 | Compresión simple | ASTM D 2166 | 2 |
| 15 | Densidad con parafina | - | 1 |
| | | TOTAL DE ENSAYOS EJECUTADOS | 59 |

Tabla III. 3: Normas y cantidad de ensayos realizados en muestras de suelos loessicos del campus UCC



III.3.- RESULTADOS Y ANALISIS DE SUELOS

Para la evaluación y análisis de los resultados, se confeccionaron las planillas correspondientes a cada ensayo ejecutado, obteniéndose diferentes parámetros que nos permitirán sacar conclusiones al momento de diseñar una estructura vial. Las mismas, se encuentran adjuntas en el Anexo A.

En la Tabla III.4 se resumen los principales resultados de los ensayos ejecutados sobre las diferentes muestras de suelo natural y su correspondiente clasificación.

| Pozo | Muestra | T 99 | | T 180 | | ω [%] | LAV. TAMIZ N°200 | | SALES DI. | |
|-------|-------------|--|--------------------|--|--------------------|--------------|------------------------|------------------------|------------------|---|
| | | $V_{ss \text{ max}}$ [gr / cm ³] | ω_{opt} [%] | $V_{ss \text{ max}}$ [gr / cm ³] | ω_{opt} [%] | | $R_{N^{\circ}200}$ [%] | $P_{N^{\circ}200}$ [%] | FLOCULA SI NO | |
| PCA-1 | M1 (0,00 m) | 1,68 | 15,89 | 1,80 | 14,80 | 11,70 | 2,58 | 97,42 | - | X |
| | M2 (0,60m) | 1,69 | 15,63 | 1,79 | 14,15 | 8,36 | 1,29 | 98,71 | - | X |
| | M3 (1,00 m) | 1,66 | 17,46 | 1,81 | 14,22 | 9,90 | 1,21 | 98,79 | - | X |
| PCA-2 | M1 (0,00 m) | 1,60 | 16,47 | 1,79 | 14,62 | 7,95 | 7,53 | 92,50 | - | X |
| PCA-3 | M1 (0,00 m) | 1,65 | 15,28 | 1,84 | 13,90 | 15,20 | 1,26 | 98,70 | - | X |

| Pozo | Muestra | L. PLASTICO [%] | L. LIQUIDO [%] | INDICE DE PLASTICIDAD | CLASIFICACION | | DENSIDA CON PARAFINA | | GRAVEDAD ESPECIFICA |
|-------|-------------|--------------------|-------------------|--------------------------|---------------|--------|-------------------------------------|-----------------|------------------------|
| | | | | | SUCS | AAHSTO | V_{ss} [gr / cm ³] | ω [%] | |
| PCA-1 | M1 (0,00 m) | 18,9 | 31,1 | 12,2 | CL | A-6 | NC | NC | NR |
| | M2 (0,60m) | 22,2 | 30,8 | 8,6 | ML | A-4 | NC | NC | NR |
| | M3 (1,00 m) | 20,0 | 22,6 | 2,6 | ML | A-4 | NC | NC | NR |
| PCA-2 | M1 (0,00 m) | 20,6 | 26,0 | 5,4 | CL-ML | A-4 | NC | NC | NR |
| PCA-3 | M1 (0,00 m) | 18,9 | 22,3 | 3,4 | ML | A-4 | 1,32 | 15,20 | NR |

| Pozo | GRANU. MECANICA | | | | | | | GRAN. POR SEDIM. | |
|-------|-----------------|-----------------|-----------------|-------|-------|-----------|-----------|------------------|-------------|
| | D ₁₀ | D ₃₀ | D ₆₀ | Cu | Cc | GRAVA [%] | ARENA [%] | LIMO [%] | ARCILLA [%] |
| PCA-1 | 0,125 | 0,225 | 0,375 | 3,000 | 1,080 | 0,0 | 3,0 | 42,0 | 55,0 |
| | 0,170 | 0,200 | 0,275 | 1,620 | 0,860 | 0,0 | 2,0 | 59,0 | 39,0 |
| | 0,170 | 0,200 | 0,275 | 1,620 | 0,860 | 0,0 | 2,0 | 59,0 | 39,0 |
| PCA-2 | 0,250 | 0,400 | 1,100 | 4,400 | 0,580 | 0,0 | 8,0 | 47,0 | 45,0 |
| PCA-3 | 0,170 | 0,200 | 0,275 | 1,620 | 0,860 | 0,0 | 2,0 | 63,0 | 35,0 |

| Pozo | ENSAYOS QUIMICOS | | | | | | | CBR _{2,5mm} (Kg/cm ²) | E. azul de metileno | |
|-------|------------------|-----------------|--------------|----------|-----|-----|-----|---|---------------------|----------------|
| | pH | Cond. electrica | CaCO3 [%] | Cationes | | | | | N _{prom} | S _e |
| | | | | Ca | Mg | Na | K | [%] | | |
| PCA-1 | 5,5 | 0,64 | 2,4 | 13,5 | 3,7 | 0,6 | 2,9 | NR | NR | NR |
| | 7 | 0,31 | 0,3 | 15,3 | 2,1 | 0,4 | 1,3 | NR | NR | NR |
| | 8,3 | 0,22 | 1,6 | - | - | 0,4 | 1,7 | 2 | 1 | 0,61 |
| PCA-2 | 7,8 | 0,24 | 0,2 | 16,2 | 1,5 | 0,4 | 1,3 | NR | NR | NR |
| PCA-3 | NR | NR | NR | NR | NR | NR | NR | NR | NR | NR |

NOTA: NC: No corresponde por ser muestra inalterada
NR: Ensayo no realizado

Tabla III. 4: Resultados de ensayos ejecutados y clasificación de las muestras.



En principio se obtuvo para los loess a estabilizar con silicato de sodio que la fracción predominante de los suelos estudiados ha sido la fina, con porcentajes pasantes por el tamiz N° 200 (75µm) del orden del 97%; siendo en promedio un ~42,5% arcillas de este porcentaje de finos. Se trata de suelos típicos de este sector de la provincia de Córdoba caracterizados por tener las siguientes condiciones:

- De **color pardo oscuro a levemente rojizo**, según sea su contenido de humedad en profundidad. Se recuerda que se contempla la caracterización del manto orgánico que ronda su potencia en 1 metro desde el N.T.N.
- La **profundidad desde el N.T.N. al 1° acuífero (NF)** según antecedentes estaría a partir de los 50 m siendo variable según la época.
- La profundidad de sedimentos finos del tipo loessicos para esta región de la ciudad de Córdoba ronda 7 m según antecedentes consultados.
- El tipo de suelos inorgánicos presentes se corresponde con un **ML** (limo de baja plasticidad) según el S.U.C.S. Del total de muestras trabajadas, encontramos que el 60% se corresponde a dicha clasificación, un 20% a **CL** (arcilla de baja plasticidad) y el 20% restante a **CL-ML**.
- Según la clasificación del sistema AASHTO, el 80% de los suelos estudiados se corresponden con el tipo **A-4**. El 20% restante se corresponde con un suelo **A-6** siendo coincidente con la mayor cantidad de arcilla que posee esta muestra. Los suelos en estudio presentan características deficientes como material de subrasante.
- El tamaño efectivo del suelo se entiendo como la abertura del tamiz por el cual pasa el 10% del material. Es un valor importante que nos permite identificar los tamaños de partículas presentes en el suelo. Para el PCA-1 el tamaño efectivo a los 0.60 m y 1.00 m es de 0.170.
- El contenido de arcilla es variable en las distintas muestras; siendo máximo en la M1 del PCA-1 con un valor del 55% de arcilla y un mínimo en la M1 del PCA-3 con un valor del 35%.
- El índice de plasticidad (**IP**) es bajo, siendo en promedio un ~6,4%. Las muestras en estudio presentan índices de plasticidad bajos salvo las muestras M1 y M2 del PCA-1. Esto se debe fundamentalmente a la presencia de materia orgánica entre 0,0 m a 0,2 m de profundidad, lo cual incrementa la plasticidad del suelo.

- Sedimentos que presentan un promedio de carbonatos de calcio de ~1,12%; siendo en la M3 a 1 m de profundidad del PCA-1 de 1,6%. El promedio de conductividad hidráulica ronda ~0,35 (mmhos/cm); siendo en la M3 a 1 m de profundidad del PCA-1 de 0,22 (mmhos/cm).
- Sedimentos que **no** presentan **sales solubles** disueltas o sea <0,1 %.
- El **número de golpes (N)** resistente a la penetración **S.T.P.** vario de **1 (uno) a 10 (diez) golpes** entre 1 a 7 m de profundidad según los antecedentes geotécnicos de la zona donde se ubican los nuevos edificios de ciencias agropecuarias; siendo posible de considerar una compacidad desde **muy suelta a suelta**.
- Computando la variación del número de golpes de S.P.T. de 1 a 10, se puede obtener la densidad relativa (D_r) desde el grafico III.1. en la tabla III.5 se muestran los resultados.

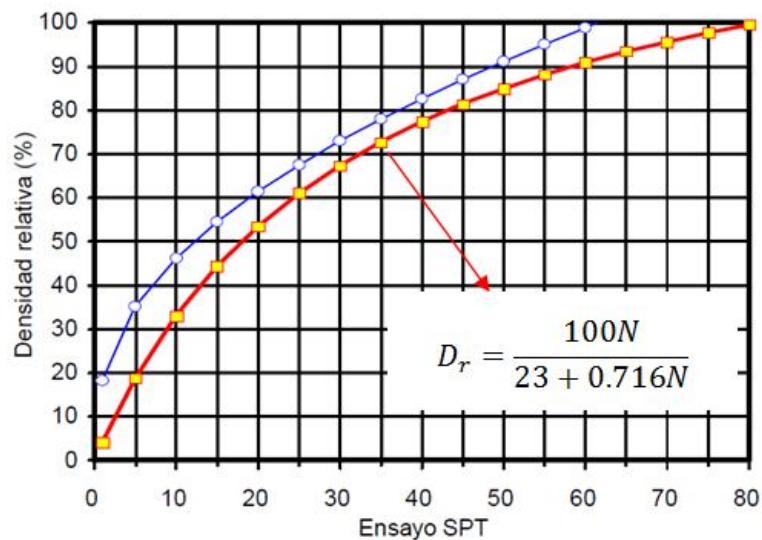


Gráfico III. 1: Valores de porcentaje de densidad relativa (% D_r) Vs N° de golpes según su compacidad.

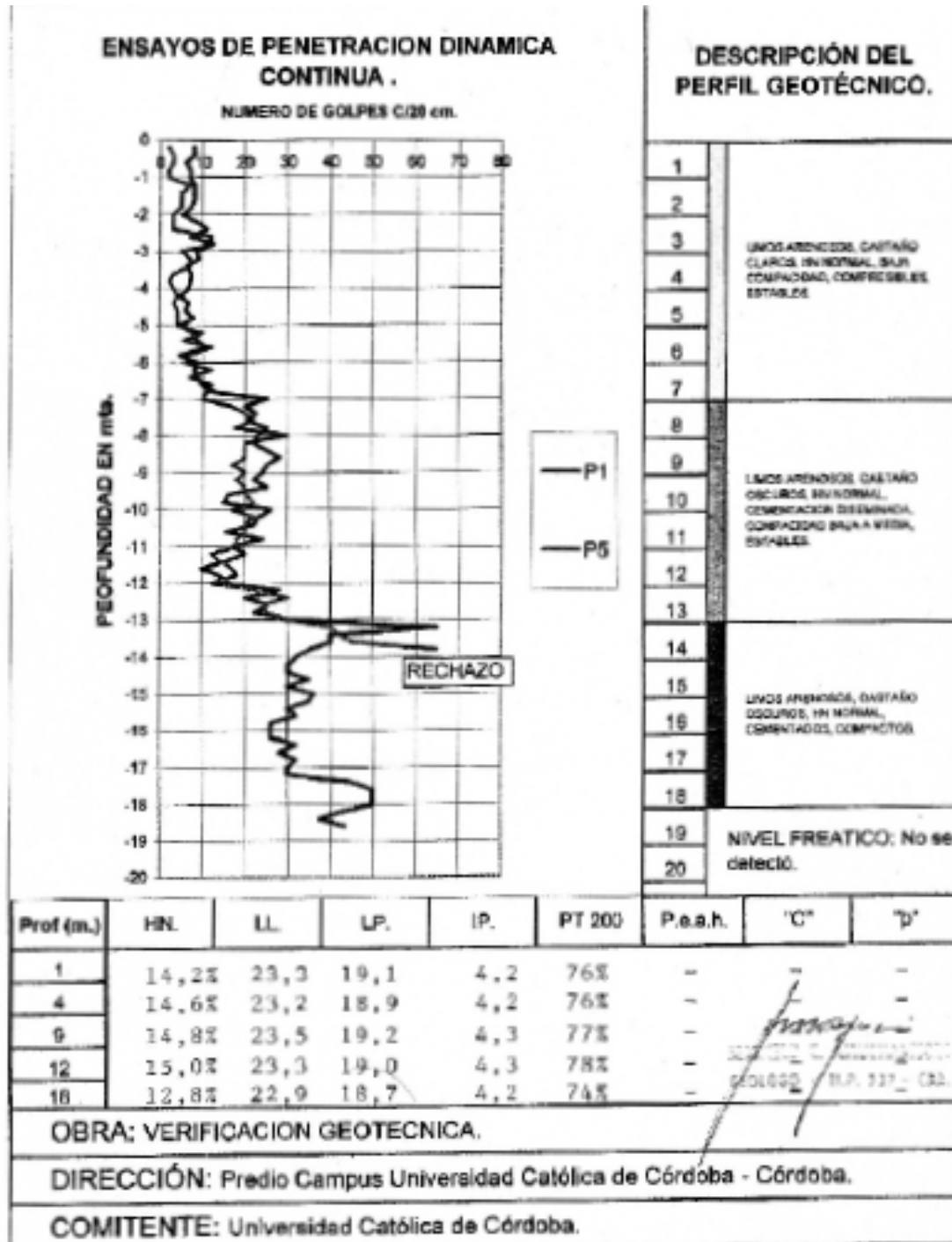


Figura III. 23: Ensayo de Sondeo de Penetración Estándar (SPT).



| Compacidad | número de golpes de S.P.T. | Dr (%) |
|------------|----------------------------|--------|
| Muy suelta | 1 | 4,21 |
| Suelta | 10 | 33,16 |

Tabla III. 5: Compacidad y Dr (%) según número de golpes de S.P.T.

• Considerando los bajos valores de número de golpes de S.P.T. (Ver Tabla III.5) con una compacidad mínima muy suelta a máxima de suelta en los suelos, se verifica numéricamente el valor de “e” de la siguiente manera, donde los valores adoptados de γ_{dmin} y γ_{dmax} son referentes varios de antecedentes consultados en la región. ($\gamma_{dmin}=1,1\text{gr/cm}^3$ y $\gamma_{dmax}=1,8\text{gr/cm}^3$).

Sabiendo que:

$$Dr = \left[\frac{(\gamma_d - \gamma_{dmin.})}{(\gamma_{dmax} - \gamma_{dmin.})} \right] \frac{\gamma_{dmax}}{\gamma_{dmin.}} \quad (1)$$

Despejando γ_d de (1) y considerando que $G_s=2,65$ con $\gamma_w = 1\text{gr/cm}^3$ en:

$$\gamma_d = \frac{G_s * \gamma_w}{1 + e} \quad (2)$$

A partir de (2) obtenemos el valor de “e”. Conociendo el valor de “e”, podemos obtener la porosidad total a partir de la siguiente ecuación. (Ver Tabla III. 6; Ver Gráfico III.2)

$$n = \frac{e}{1 + e} \quad (3)$$

| Número de golpes de S.P.T. | Dr (%) | Relación de vacíos [e] | Porosidad total [n] [%] | Subsistencia |
|----------------------------|--------|------------------------|-------------------------|--------------|
| 1 | 4,21 | 1,4 | 58 | Alta |
| 10 | 33,16 | 1,1 | 52 | Alta |

Tabla III. 6: Relación de vacíos y porosidad total según número de golpes S.P.T.

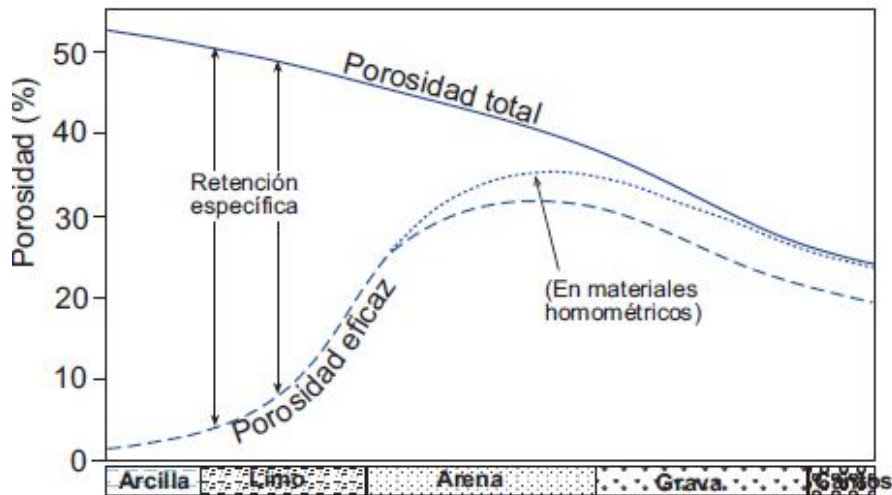


Gráfico III. 2: Variación de la porosidad total según la granulometría.

Los valores de porosidad calculados en la tabla III.6 son cotejados con los parámetros de tabla III.7 aportados por Maslov (1987).

| Subsistencia del suelo, s | Porosidad, n [%] | Mod. De Compresibilidad, E_c [mm/m] |
|---------------------------|------------------|---------------------------------------|
| Sin subsistencia | < 40 | 0 |
| Subsistencia leve | 40 - 45 | 10 |
| Subsistencia | 45 - 50 | 50 |
| Subsistencia alta | 50 - 55 | 100 |

Tabla III. 7: Relación para un suelo loésico seco entre el grado de subsistencia “s” y la porosidad “n”.

- La permeabilidad aparente “k”, según los datos obtenidos de la relación de vacíos en la tabla III.6 correspondería a la ecuación (4). Desde ya esta ecuación no es recomendable de utilizar para los suelos loésicos estudiados.

$$k \approx \frac{C_1 \cdot e^3}{(1 + e)} \quad (4)$$

| Subsidencia | Número de golpes de S.P.T. | Relación de vacíos e | K (cm/seg) |
|-------------|----------------------------|----------------------|--------------------|
| Alta | 1 | 1,4 | 1xE ⁻⁰⁴ |
| Alta | 10 | 1,1 | 6xE ⁻⁰⁴ |

Tabla III. 8: Valores de Permeabilidad “K” según relación de vacíos.

- Sería posible de aplicar el criterio de colapsabilidad del *Department of the Navy (1982)* a partir de considerar el límite líquido conjuntamente con la densidad seca natural. Esta correlación es cualitativa pero responde correctamente a los antecedentes geotécnicos consultados del apartado II. Se encontró que los suelos en estudio son potencialmente colapsables. (Ver Gráfico III.3)

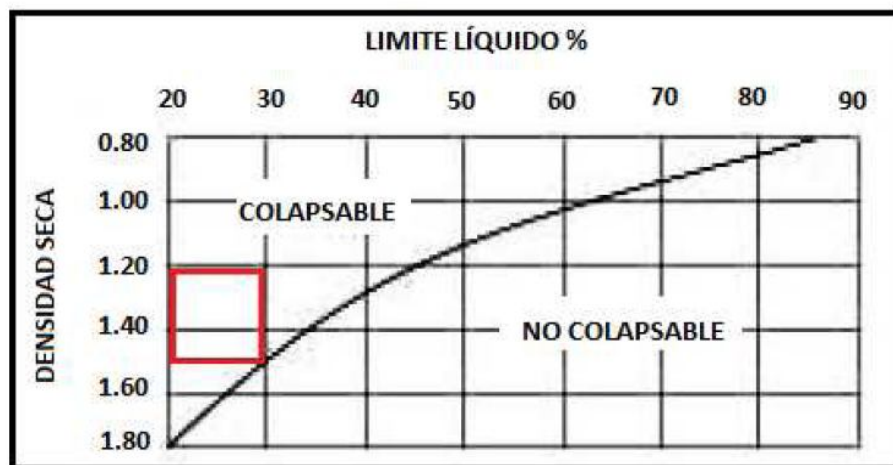


Gráfico III. 3: Colapsabilidad a partir de límite líquido y densidad seca.

Sería posible calcular el potencial de colapso (CP) mediante la ecuación (5).

$$CP = \frac{\Delta e}{1 + e_0} * 100 \quad (5)$$



Donde:

e_0 = Relación de vacíos inicial de la probeta.

Δ_e = Disminución de la relación de vacíos al inundar la probeta.

Obteniendo un CP, para la M3 del PCA-1 (1 m de profundidad), de 12,6%. Cotejando dicho valor con la tabla III.9 que correlaciona el riesgo de colapso de un suelo de acuerdo a su potencial, se definió como un suelo con “problemas graves” de colapso.

| Pot. Colapso (CP) (%) | Riesgo de colapso |
|-----------------------|----------------------|
| 0 - 1 | No hay problemas |
| 1 - 5 | Problemas moderados |
| 5 - 10 | Problemas |
| 10 - 20 | Problemas graves |
| >20 | Problemas muy graves |

Tabla III. 9: Riesgo de colapso de un suelo de acuerdo a su potencial (Aravena R. y Kramer P.).

- En 1953 Skempton definió la actividad (AC) a la ecuación (6):

$$\text{Actividad (AC)} = \frac{\text{Índice de Plasticidad}}{\% \text{ suelo pasa } 2\mu\text{m}} \quad (6)$$

Esto nos permite obtener información acerca del tipo de arcilla presente en la masa de suelo y, por ende, el comportamiento natural del mismo. (Ver Tabla III.10 y Tabla III.11)

| Mineral | Actividad |
|----------------------|-----------|
| Caolinita | < 0,46 |
| Illita | 0,9 |
| Montmorillonita (Ca) | 1,5 |
| Montmorillonita (Na) | 7,2 |

Tabla III. 10: Actividad de minerales de arcilla.



| Actividad | | | | | |
|-----------|---------|------|---------------------|------|-----------|
| Pozo | Muestra | IP | % Pasante 2 μ m | AC | Mineral |
| PCA-1 | M1 | 12,2 | 100 | 0,12 | Caolinita |
| PCA-1 | M2 | 8,6 | 100 | 0,09 | Caolinita |
| PCA-1 | M3 | 2,6 | 100 | 0,03 | Caolinita |
| PCA-2 | M1 | 5,4 | 66,7 | 0,08 | Caolinita |
| PCA-3 | M1 | 3,4 | 100 | 0,03 | Caolinita |

Tabla III. 11: Actividad y tipo de mineral

La caolinita es un mineral con un cambio de volumen potencial muy bajo. Sin embargo por antecedentes geotécnicos se conoce que el tipo de arcilla que presentan los loess de la ciudad de Córdoba, serían las illitas.

- La densidad seca máxima de las muestras obtenidas a partir del ensayo de compactación proctor T99 presenta una gran uniformidad, existiendo una variabilidad del 5.63% entre el valor máximo (1,69 gr/cm³) y el valor mínimo. (Ver Gráfico III.4 y Gráfico III.5)

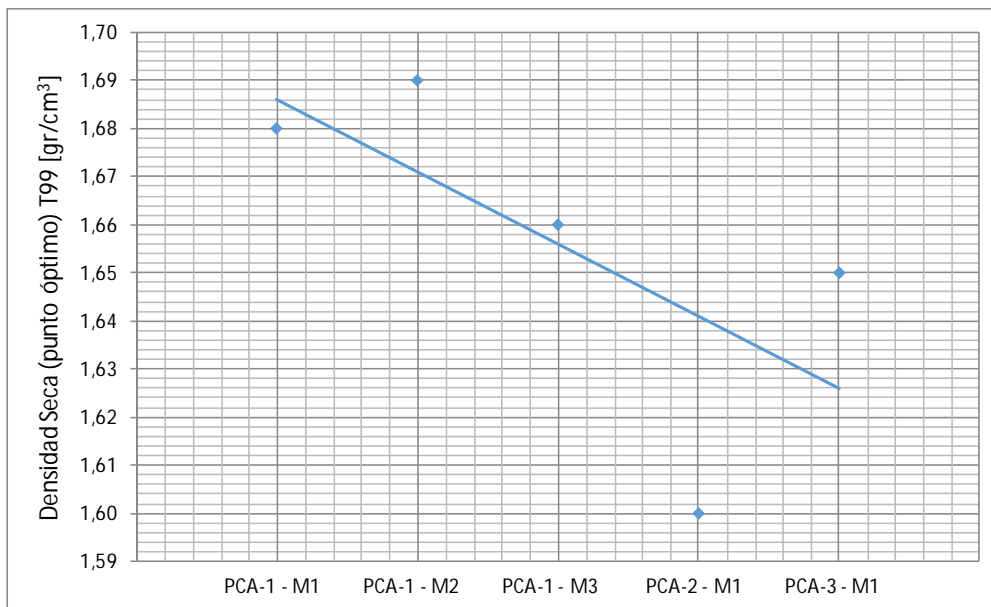


Gráfico III. 4: Densidad seca máxima T99 para el ensayo proctor estándar (T99).

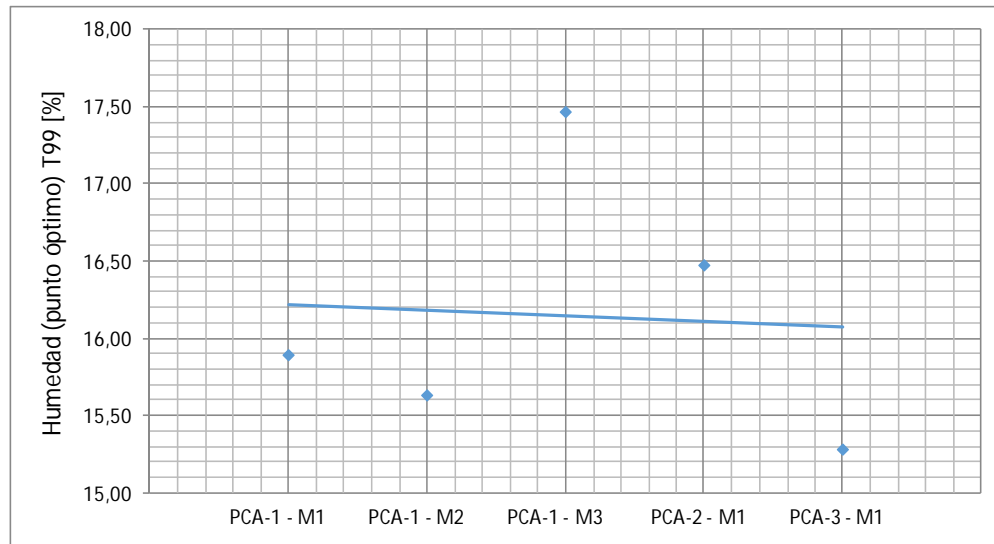


Gráfico III. 5: Contenido de humedad óptimo para el ensayo proctor estándar T99.

- El límite plástico se entiende como el contenido de humedad en el cual se da el paso de un estado semisólido a plástico. Existe una variabilidad del 17.4 % entre el valor máximo correspondiente a la M2 del PCA-1 y el mínimo correspondiente a la M1 del PCA-1. (Ver Gráfico III.6)

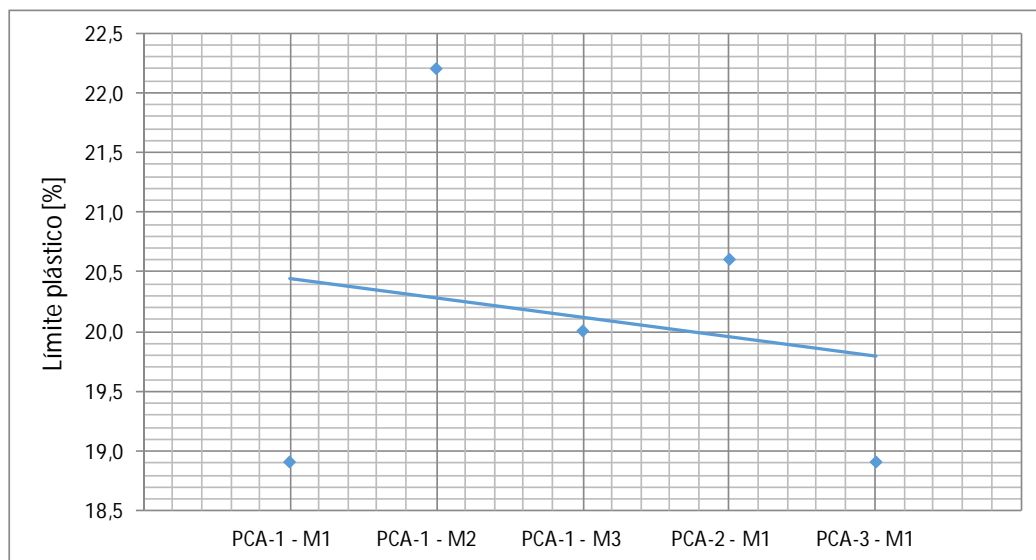


Gráfico III. 6: Límite plástico de las diferentes muestras.

- Observamos que el límite líquido en el caso del PCA-1 decrece conforme aumenta la profundidad. Esto indica que la cantidad de agua necesaria para pasar de un estado plástico a un estado líquido es cada vez menor lo cual indica una mayor susceptibilidad al paso de un estado plástico a un estado líquido frente a un contenido de agua menor. Existe una variabilidad del 72,0% entre el valor máximo (31,1%) (M1 PCA-1) y el valor mínimo (22,3%) (M1 PCA-3). (Ver Gráfico III.7)

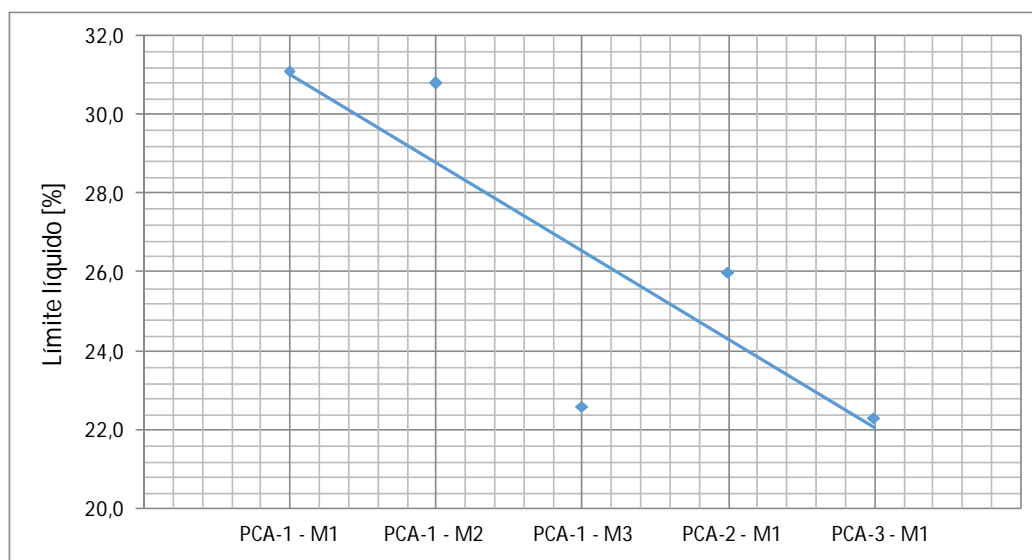


Gráfico III. 7: Límite líquido de las diferentes muestras.

Se definió el índice de plasticidad como la diferencia entre el límite líquido y el límite plástico; siendo visualizados los consultados en el gráfico III.8. En el caso del PCA-1 el índice de plasticidad decrece conforme aumentamos la profundidad.

Con frecuencia, para fines constructivos se suelen especificar suelos con un determinado IP. Dado que los suelos que conforman la subrasante se mejorarán necesariamente, se suele requerir que el índice de plasticidad no sea elevado por razones de trabajabilidad de las maquinarias viales ya que cuando el IP es elevado se adhiere el suelo al útil y rodados de cada máquina y por ende se hace imposible el avance óptimo de la obra.

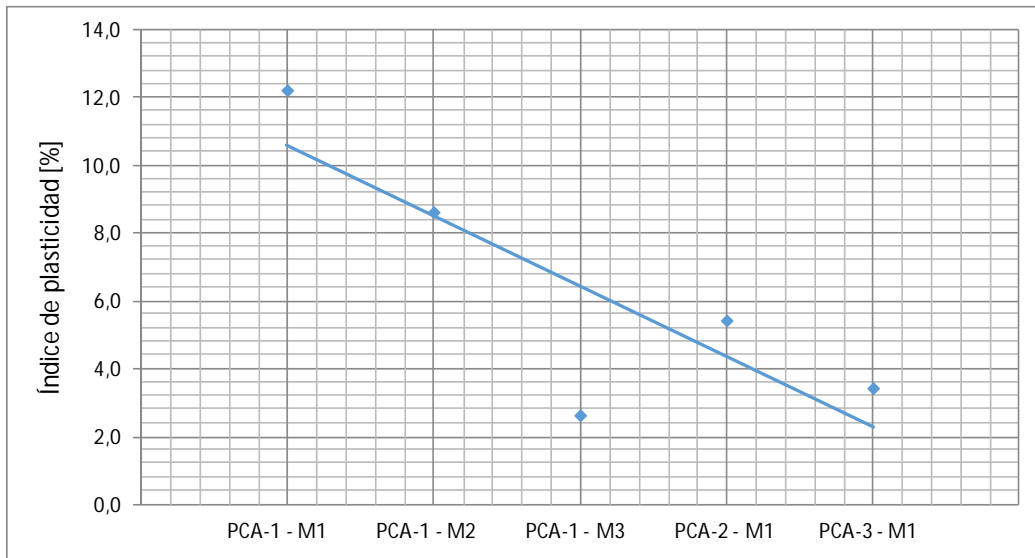


Gráfico III. 8: Índice de plasticidad de las diferentes muestras.

- A partir de los ensayos de compresión simple, los cuales se realizaron únicamente para la M3 (1 m de profundidad) del PCA-1, se obtuvieron los siguientes resultados. (Ver Tabla III.12).

Cabe destacar que los ensayos se realizaron sobre probetas remoldeadas a partir del ensayo proctor estándar T-99 y proctor modificado T-180 según se justifico en el apartado III.2.j. A modo comparativo éstos se cotejaron con valores típicos de probetas inalteradas del loess de la zona del campus de UCC.

| COMP. SIMPLE | | | |
|--------------------------------------|---------------|------|------|
| Proctor | SUELO NATURAL | T99 | T180 |
| σ_R [km / cm ²] | 0,56 | 1,96 | 6,58 |
| ϵ_v [%] | 3,00 | 1,91 | 5,18 |
| S_u [km / cm ²] | 0,28 | 0,98 | 3,29 |
| σ_1 % [km / cm ²] | 0,90 | 1,07 | 0,84 |
| $E_{1\%}$ | 90 | 107 | 84 |

Tabla III. 12: Resultados obtenidos en ensayo de compresión simple realizado sobre probetas elaboradas a partir de molde T 99 y T180



A continuación se presentan los gráficos tensión-deformación. (Ver Gráfico III.9)

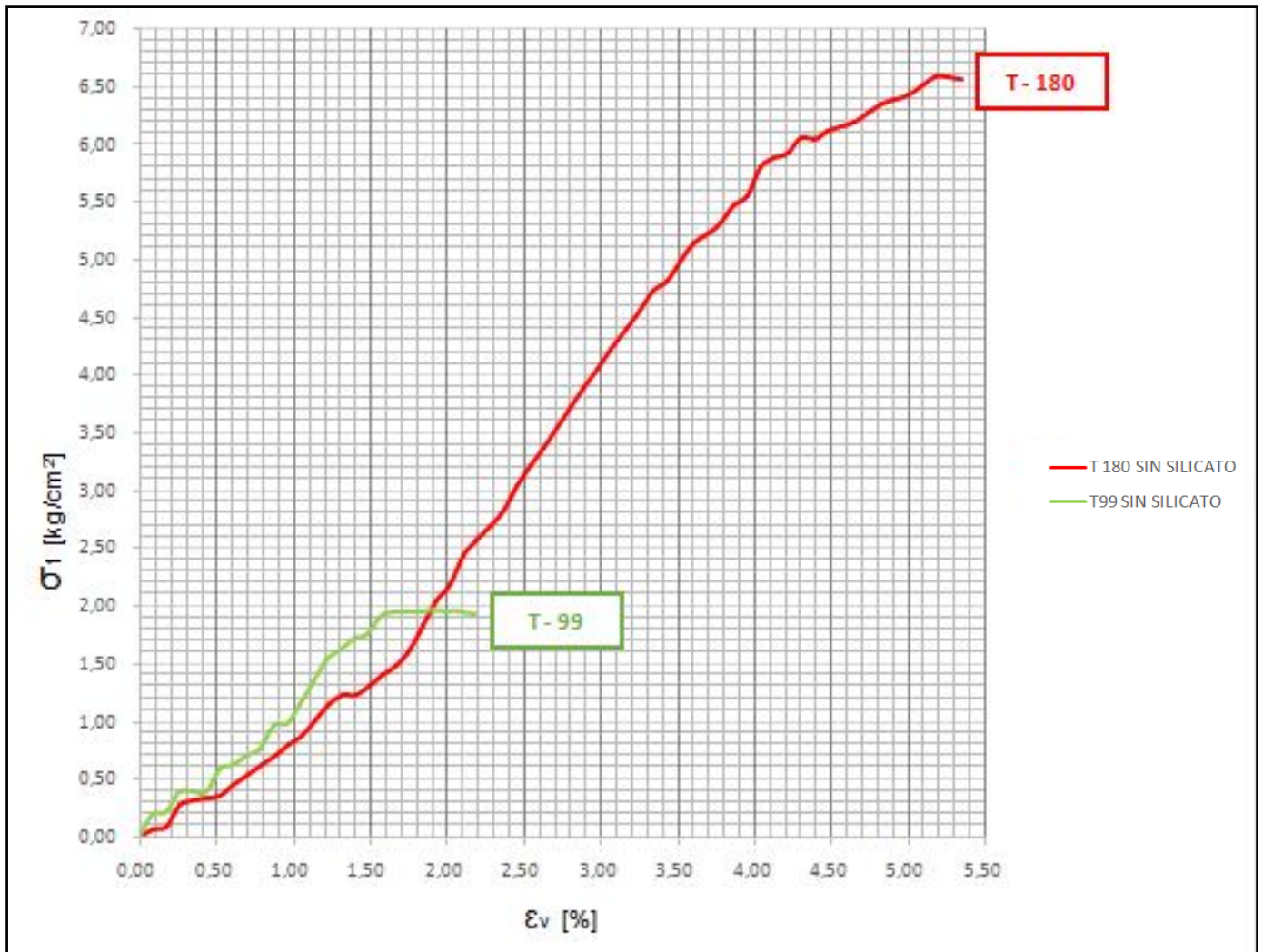


Grafico III. 9: Compendio de resultado de compresión simple en probetas saturadas elaboradas a partir del remoldeo a partir del ensayo proctor T 99 y T 180 sin silicato.



- A partir del ensayo de CBR con hinchamiento se obtuvo el índice de CBR para diferentes valores de penetración para la M3 (1 m de profundidad) del PCA-1.

El valor soporte o índice CBR (Ver ecuación (7)), se obtuvo de comparar la presión soportada por el suelo para diferentes valores de penetración, con una tensión estándar patrón $\sigma_s = 70,38 \text{ [Kg/ cm}^2\text{]}$. (Ver Tabla III.13)

| Suelo natural | | |
|---------------------|-------------------------------------|-------------------|
| Penetración [mm] | Presión [Kg / cm ²] | Indice CBR [%] |
| 2,5 | 1,04 | 2,00 |
| 5,0 | 2,43 | 3,45 |
| 7,5 | 3,695 | 5,25 |
| 10,0 | 4,52 | 6,42 |
| 12,5 | 5,955 | 8,46 |

Tabla III. 13: Índice CBR para diferentes valores de penetración.

La fórmula utilizada para determinar el índice CBR fue la siguiente:

$$CBR_{natural} = \frac{\sigma_x * 100}{\sigma_s} [\%] \quad (7)$$

Se considera como materiales aptos para la coronación de subrasantes, suelos con $CBR_{2,5 \text{ [mm]}}$ desde 5% a 10%. Por lo tanto, una subrasante coronada con el suelo natural (Na) en estudio no es apta para tal fin. Es por ello que la misma requerirá algún tipo de estabilización para que resulte óptima como material de subrasante.

A continuación se muestra el gráfico obtenido como resultado del ensayo CBR realizado sobre suelo natural compactado a la energía del proctor (T99 o T180)⁴. (Ver Gráfico III.10)

⁴ En el apartado III.2.1 se muestra el procedimiento para la obtención de la energía de compactación.

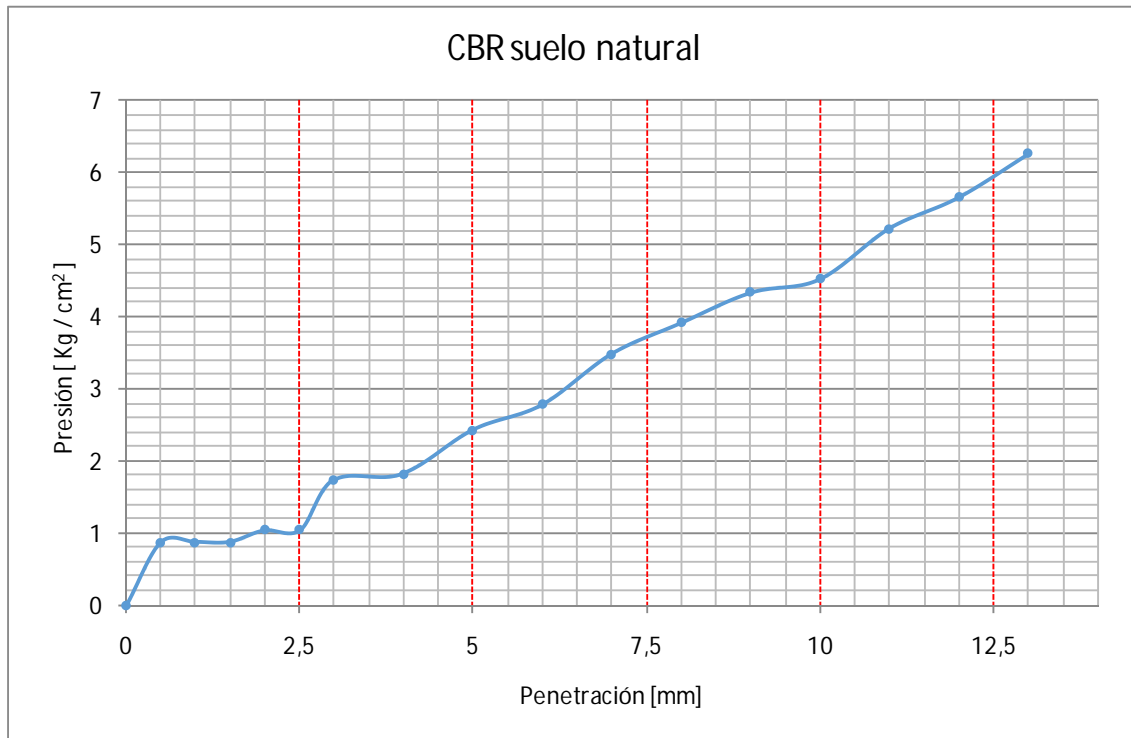


Gráfico III. 10: CBR suelo natural.

A partir de los resultados obtenidos en el ensayo CBR es posible determinar el modulo resiliente M_R del suelo aplicando las siguientes ecuaciones:

| Correlación entre M_R (Mpa) y índice CBR | | |
|--|------------------|----------------------|
| Relación | Fuente | Limitación |
| $M_R = 17,6 (CBR)^{0,64}$ | Lister y Powell | $2 \leq CBR \leq 12$ |
| $M_R = 10 (CBR)$ | Heukelom y Klomp | $CBR \leq 10$ |

Tabla III. 14: Correlación entre el modulo resiliente y el índice CBR.



El módulo resiliente es un estimativo del módulo elástico, basado en medidas de esfuerzo y deformación a partir de cargas rápidas repetidas, similares a las que experimentan los materiales del pavimento bajo la acción del tránsito. No es una medida de la resistencia, pues el material no se lleva a rotura, sino que retorna a su tamaño y forma originales.

Aplicando la ecuación de Lister y Powell se obtuvieron los siguientes módulos resilientes:

| Penetración [mm] | Índice CBR [%] | Módulo resiliente M_R [kg/cm ²] | Modulo de elasticidad |
|---------------------|-------------------|--|--------------------------|
| 2,5 | 2,00 | 274,2 | 107,0 |

Tabla III. 15: Valores de módulo resiliente obtenidos a partir del índice CBR.

Comparando con la tabla III.16 se concluye que las ecuaciones no son representativas con el tipo de suelo estudiado, con lo cual se deberían recalibrar las mismas, lo cual escapa al alcance de la tesis desarrollada.

| Símbolo AASHTO | Rango típico CBR | Rango M_R [ksi] | M_R por defecto [ksi] |
|-------------------|---------------------|-------------------|----------------------------|
| A-7-6 | 1-5 | 25-7 | 4 |
| A-7-5 | 2-8 | 4-9,5 | 6 |
| A-6 | 5-15 | 7-14 | 9 |
| A-5 | 8-16 | 9-15 | 11 |
| A-4 | 10-20 | 12-18 | 14 |
| A-3 | 15-35 | 14-25 | 18 |
| A-2-7 | 10-20 | 12-17 | 14 |
| A-2-6 | 10-25 | 12-20 | 15 |
| A-2-5 | 15-30 | 14-22 | 17 |
| A-2-4 | 20-40 | 17-28 | 21 |
| A-1-b | 35-60 | 25-35 | 29 |
| A-1-a | 60-80 | 30-42 | 38 |

Tabla III. 16: Correlaciones entre los diferentes valores de respuesta de los suelos.



A partir de todos los aspectos analizados según todos los ensayos geotécnicos y químicos realizados en las muestras de suelos naturales del PCA-1 al PCA-3 se concluyen parámetros de suelo para elegir la muestra óptima que será utilizada para estabilización con silicato de sodio. En principio se propondría a la muestra M3 (1 m de profundidad) del PCA-1; siendo la cota de la base del pozo +475,0 m.

1. Presencia de Carbonatos: la presencia de carbonatos es fundamental para que reaccione el silicato para que así se produzca el efecto estabilizante del mismo. De esta manera mientras mayor sea la presencia de carbonato y su distribución uniforme en la masa de suelo, más favorable será la estabilización del mismo. (Ver Apartado IV.5.d). A partir de los ensayos químicos realizados en la Agencia Córdoba Ambiente, vemos que la mayor presencia de carbonatos se da en las muestras M1 y M3 del PCA-1. Sin embargo, la mayor presencia de arcilla con materia orgánica existente en la M1 puede traer aparejado problemas de una inactividad al proceso de gelificación suelo-silicato.

2. Índice de plasticidad: Con frecuencia, para fines constructivos se suelen especificar suelos con un IP bajo o sea menor al 10%. Ya que mientras más bajo es, involucra una mejor trabajabilidad in-situ de las maquinarias y aminora la susceptibilidad frente a la incorporación de agua en la masa de suelo, o sea evitando el comienzo al estado plástico de un suelo.

3. Subsistencia alta: A partir de ser el loess un sedimento susceptible al fenómeno del colapso en presencia de un cambio del estado de saturación, también lo hace sensible a la erodabilidad. Siendo ambos fenómenos apreciables en aguellamientos en un camino de tierra. La gelificación del silicato de sodio con el carbonato de la matriz del loess, estabilizaría temporalmente la sensibilidad a estos fenómenos nocivos.

4. Zona de influencia del bulbo de presiones: el presente trabajo de investigación es aplicable a la estabilización a una posible calles de tierra alternativa que posee la UCC, por lo tanto se estima que la influencia del bulbo de presión que puede generar el tránsito esporádico no supera el metro de profundidad y de aquí que se descartan todas aquellas muestras a mayor profundidad. Desde ya sería necesario realizar un cálculo del paquete.

5. Reutilización del suelo de subrasante natural: las profundidades rondan desde 0,00 m hasta 1,0 m, esto hace referencia a cuan factible sería optimizar tecno-económicamente el movimiento de suelo de



subrasante colapsable a partir de escalificar lo existente en cada piquete , siendo descartado el manto vegetal hasta 0,2 m de profundidad y reutilizar resto hasta 1 m de profundidad (si correspondiera) para estabilizarlo con silicato.

6. Macro porosidad natural: Dada la alta macroporosidad serían suelos posibles de estabilizar con silicatos líquidos por medio del método de inyección in-situ. Sin embargo es posible que dichos poros no estén intercomunicados entre si y por ende el método más óptimo sería mediante compactación en un uso vial o sea incorporando el silicato líquido al agua de amasado en la masa de suelo para luego ser compactados capa por capa.

Bajo estos criterios y teniendo en cuenta los resultados de los ensayos de identificación realizado se concluyó que la muestra 3 del PCA-1 resulta la más óptima para continuar la línea de investigación.



CAPITULO IV

MATERIAL ESTABILIZANTE – SILICATOS

IV. - MATERIAL ESTABILIZANTE – SILICATOS

IV.1.- CONCEPTO DE SILICATO

Los silicatos son todos aquellos minerales que tienen como unidad básica fundamental al tetraedro de silicio (SiO_4^{4-}) (Ver Figura IV.1): un catión de silicio (Si^{4+}) enlazado con 4 aniones de oxígeno (O^{2-}), los cuales se hallan dispuestos a su alrededor en las direcciones de los vértices de un tetraedro (según Ibáñez S; Moreno H; Gisbert J (2007)) .

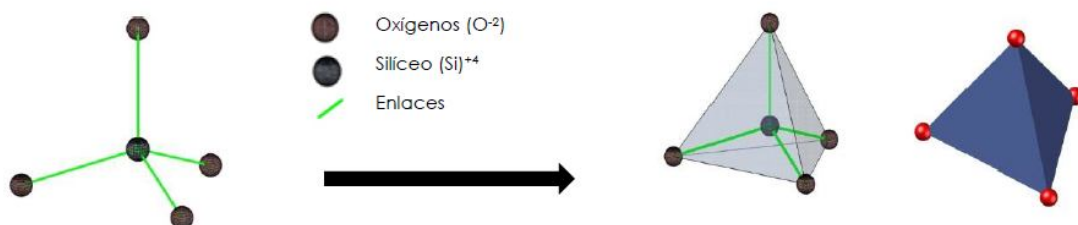


Figura IV. 1: Configuración estructural de los silicatos.

Los 4 oxígenos dispuestos en los vértices del tetraedro, quedarían con un enlace para satisfacer, por lo que, para equilibrar la carga negativa y garantizar una carga final neutra, existen dos posibilidades:

1. Compartir oxígenos entre tetraedros adyacentes (Ver Figura IV.2.a)
2. Enlazar los oxígenos mediante cationes (Ver Figura IV.2.b)

Compartir oxígenos entre tetraedros adyacentes

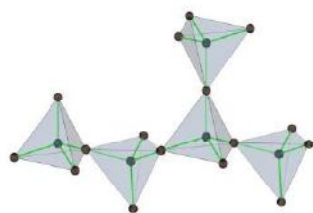


Figura IV. 2.a.

Enlazar los oxígenos mediante cationes

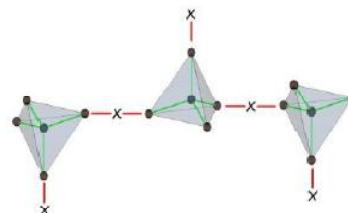


Figura IV.2.b.



IV.2.- TIPOS DE SILICATOS

La unión de los oxígenos con cationes de diferente carga y naturaleza supone la formación de nuevos óxidos distintos a los del tetraedro (O-Si). Su energía molar de formación (Ver Tabla IV.1) es inferior a la del óxido de silicio, creciendo en cualquier caso con la carga del catión que interviene en el enlace.

| Ión | Kilocalorías/mol |
|------------------|------------------|
| K ⁺ | 299 |
| Na ⁺ | 322 |
| Ca ²⁺ | 839 |
| Mg ²⁺ | 912 |
| Fe ²⁺ | 919 |
| Al ³⁺ | 1.793 |
| Ti ⁴⁺ | 2.882 |
| Si ⁴⁺ | 3.110 |

Tabla IV. 1: Energías molares de formación de los óxidos de los cationes más comunes en los minerales (Besoain, 1985).

Las combinaciones entre las distintas clases de uniones, ya sea compartir oxígenos entre tetraedros adyacentes o bien enlazar los oxígenos mediante cationes, y los distintos tipos de cationes, sean monovalentes, divalentes, trivalentes o tetravalentes, determinan el tipo de silicato y sus características.

IV.2.a. - Nesosilicatos

Son silicatos que no comparten oxígenos entre los tetraedros adyacentes. Es por ello que se dice que sus grupos tetraédricos son independientes los unos de los otros. En su composición química siempre aparece el grupo SiO₄. (Ver Figura IV.3)

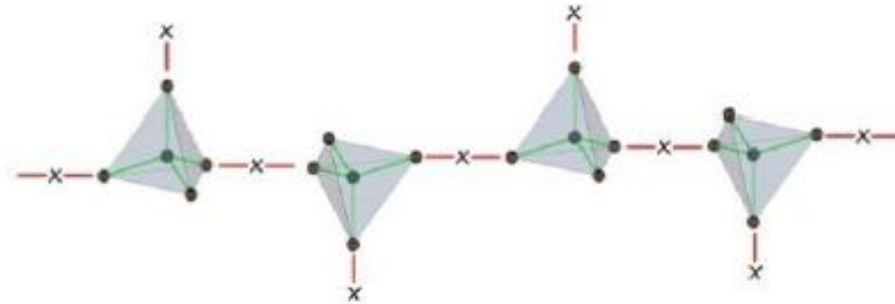


Figura IV. 3: Disposición de los tetraedros.

Estos tetraedros quedan unidos por enlaces iónicos entre los oxígenos y los cationes disponibles en el medio, los que pueden tener tamaños y cargas diferentes, dando lugar a distintos tipos de nesosilicatos.

Por lo general los minerales pertenecientes a este grupo presentan alta dureza y peso específico.

En cuanto a su estabilidad, son las más rápidamente meteorizables frente a los procesos de alteración debido a que poseen un número elevado de óxidos poco energéticos con respecto a otras estructuras más complejas con mayor número de enlaces oxígeno-silicio.

Sin embargo, la persistencia en los suelos está determinada por el tipo de catión dominante lo cual explica que algunos tipos aparezcan en suelos jóvenes (como el olivino) mientras que otros se utilicen como “marcadores” del tiempo transcurrido desde la formación del suelo hasta la actualidad (como el circón).

IV.2.b. - Sorosilicatos

Los sorosilicatos están formados por grupos tetraédricos dobles, es decir, dos tetraedros de SiO_4 compartiendo un oxígeno. Forman grupos estructurales discretos de $(\text{Si}_2\text{O}_7)^{6-}$. (Ver Figura IV.4)

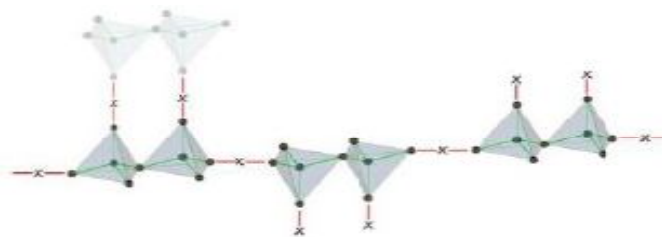


Figura IV. 4: Esquema de disposición.

La subclase de los sorosilicatos no es muy abundante en especies minerales, ya que se conocen aproximadamente 70, siendo los más importantes la hemimorfita, la idocrasa o vesubiana, y los minerales del grupo de la epidota.

IV.2.c. - Ciclosilicatos

Son silicatos en las que todos los tetraedros de silicio están unidos entre sí formando un anillo cerrado de tres, cuatro o seis tetraedros. (Ver Figura IV.5)

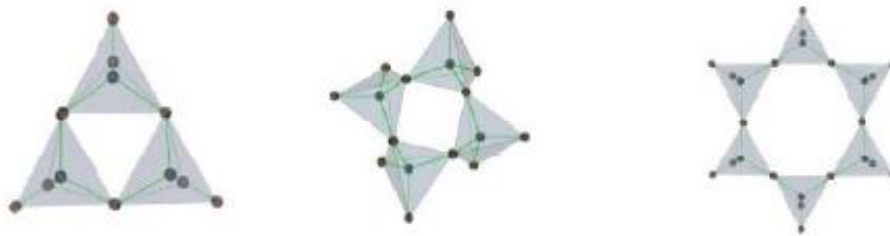


Figura IV. 5: Tetraedros de silicio.

IV.2.d. - Inosilicatos

Los inosilicatos son silicatos en los que los tetraedros de silicio se agrupan compartiendo aniones de O^{2-} , formando cadenas de tetraedros por la unión de radicales según una dirección dada. El resultado final es una estructura que se caracteriza principalmente por una perfecta exfoliación. Las cadenas que se forman pueden ser simples (Piroxenos) y dobles (Anfíboles) (Ver Figuras IV.6 y IV.7).

Las simples presentan en su composición el grupo unitario $(SiO_3)^{2-}$ y las dobles tienen una composición unitaria $(Si_4O_{11})^{6-}$.

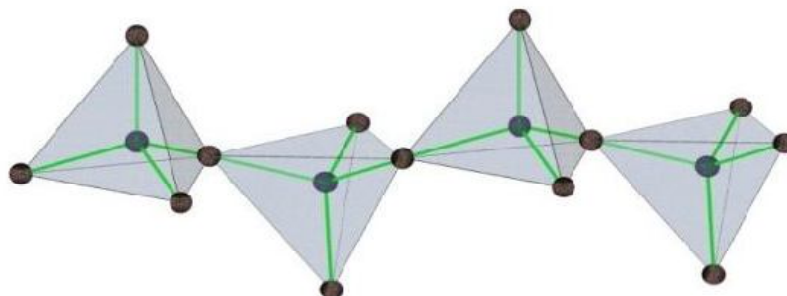


Figura IV. 6: Disposición de las cadenas simples de tetraedros.

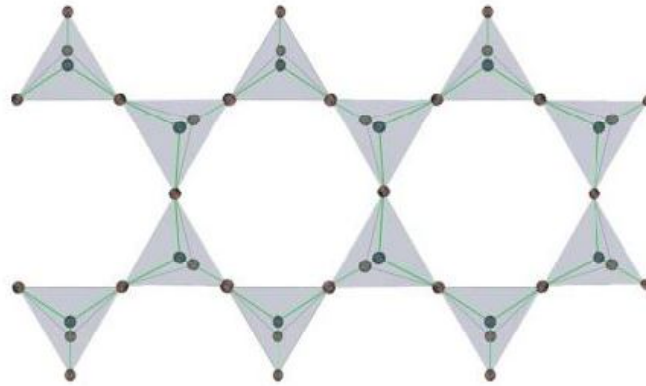


Figura IV. 7: Esquema de la disposición de las cadenas dobles de tetraedros.

Los enlaces más débiles son aquellos que mantienen unidas las cadenas entre sí, por lo que, debido a la meteorización, se generan segmentos más o menos largos de cadena. Estos trozos aislados pueden reorganizarse con posterioridad en nuevos silicatos de mayor o menor complejidad en función de las condiciones ambientales imperantes en el momento.

Los piroxenos forman parte de numerosas rocas ígneas y metamórficas. Los mismos son oscuros cuando contienen hierro y generalmente blancuzcos, grises o de color verde claro cuando carecen de él.

A su vez, el grupo de los piroxenos incluye dos subgrupos, dependiendo del sistema de cristalización: los clinopiroxenos, los cuales cristalizan en el sistema monoclinico y los ortopiroxenos, los cuales lo hacen en el sistema ortorrómbico.

La unidad estructural fundamental de los anfíboles, resultado de la unión de largas cadenas dobles mediante cationes metálicos, tiene como fórmula química Si_4O_{11} . Son los minerales fundamentales de las rocas magmáticas. Tienen color negro o verde oscuro y su aspecto es vítreo o lechoso.

IV.2.e. - Filosilicatos

En el caso de los filosilicatos, las cadenas de inosilicatos se unen compartiendo oxígenos de manera que los tetraedros forman una hoja o lámina en la que todas las cargas de los oxígenos estén compensadas. Las láminas se unen mediante cationes (Ver Figura IV.8)

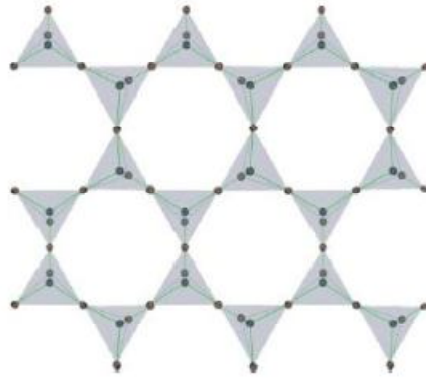


Figura IV. 8: Disposición de los tetraedros en la lámina de siloxano.

Sin embargo, no todas las láminas están formadas por tetraedros de silicio (láminas de siloxano); en la estructura hay intercaladas láminas de octaedros formadas por 6 grupos de hidroxilos (OH^-) y por cationes de Al^{3+} o de Mg^{2+} .

En el primer caso las láminas son de gibsita (dioctaédricos), y en el segundo son de brucita (trioctaédricas) (Ver Figuras IV.9 y Figura IV.10).

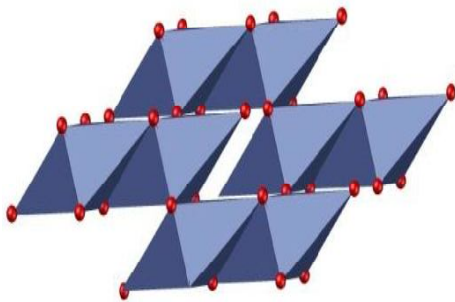


Figura IV. 9: Disposición de los dioctaedros.

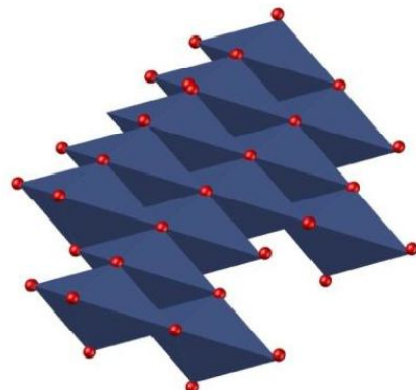


Figura IV. 10: Disposición de los trioctaedros.

IV.2.f. - Tectosilicatos

En los tectosilicatos las láminas de siloxano se unen entre sí compartiendo oxígenos, de manera que no hay cationes enlazando tetraedros (Ver Figura IV.11). Todos los enlaces son por ello de tipo oxígeno-silicio, los más estables de todos.

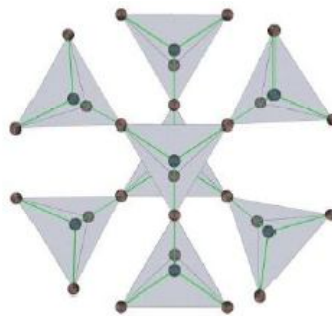


Figura IV. 11: Estructura de los tectosilicatos.

IV.3.- SILICATO DE SODIO

El silicato de sodio comprende un grupo de químicos, los cuales poseen un amplio rango de propiedades físicas y químicas. Son utilizados en la industria como adhesivos, cementantes, detergentes, floculadores, componentes de limpieza y agentes blanqueadores entre otros usos.

Estos silicatos están generados por variadas relaciones de álcalis (Na_2O) a sílice (SiO_2) con contenidos y tamaños de partículas diversos, acordes al uso que se le pretende dar.

IV.3.a. - Propiedades del silicato de sodio

Las soluciones de silicato de sodio son claras, inodoras e incoloras. No son combustibles y, en términos de seguridad, actúan como un jabón fuerte. El contacto con los ojos es doloroso y es por ello que deben ser enjuagados de manera inmediata. Si bien no se considera tóxico, la ingesta accidental puede causar malestar estomacal.

Si el silicato es contenido en un recipiente hermético, el silicato no se deteriora más allá de períodos de almacenamiento prolongados. Estos recipientes deben estar fabricados con elementos no reactivos.



Recipientes de aluminio, hierro galvanizado o zinc no deben ser usados debido a la posibilidad de que se genere gas hidrógeno. Este puede expandirse y romper el recipiente contenedor.

Los silicatos reaccionan lentamente con el vidrio, absorben dióxido de carbono del aire y pierden agua por evaporación. Estos factores generan cambios considerables en la viscosidad con el tiempo. Es por ello que las muestras almacenadas en recipientes de vidrio están acompañadas de una fecha de vencimiento.

La naturaleza coloidal del silicato de sodio está indicada por el hecho de que su punto de ebullición es ligeramente superior al del agua mientras que su punto de congelamiento está levemente por debajo del agua.

La concentración de partículas sólidas en silicatos líquidos y la relación $\text{SiO}_2/\text{Na}_2\text{O}$ afecta enormemente las propiedades del producto final.

A medida que aumenta la concentración de sólidos, la viscosidad y la gravedad específica de la solución aumenta.

Mientras más concentrada sea la solución, menor es el coeficiente de expansión.

Para una concentración total de sólidos, la solución con la mayor cantidad de álcalis tiene la gravedad específica mayor. La viscosidad, por otro lado, muestra un mínimo pronunciado en una relación $\text{SiO}_2/\text{Na}_2\text{O} = 1$ y tiende a incrementarse rápidamente a medida que la alcalinidad se incrementa o disminuye a partir de dicha relación. Por lo general, la densidad de la solución disminuye conforme se aumenta la temperatura.

La actividad alcalina del silicato de sodio está afectada por diversos factores. El valor del Ph de los silicatos usualmente utilizados oscila entre 11 y 13. El valor del Ph disminuye conforme aumenta el contenido de sílice.

A medida que la concentración de una relación álcali/sílice aumenta, el Ph aumenta rápidamente a una baja concentración pero se nivela para concentraciones por encima del 50%.

IV.3.b. - Tipos de silicatos de sodio

Teóricamente, tanto los álcalis como la sílice pueden ser combinados en diversas proporciones, pero por lo general no se excede una relación sílice-álcali de 4/1 en peso debido a la baja solubilidad del producto final por encima de dicha relación.



El rango de solubilidad de los silicatos abarca desde altamente solubles cristales hasta grumos de vidrio transparente los cuales son escasamente solubles, incluso en agua hirviendo. Desde ligeramente pegajosos hasta altamente viscosos, incapaces de fluir.

IV.3.c. - Métodos de fabricación

Hay dos procesos para la manufactura del silicato de sodio. Tenemos los llamados procesos en seco y los llamados procesos húmedos. Las materias primas utilizadas en el proceso en seco son cenizas de sosa y óxido de silíceo mientras que en los procesos húmedos la soda caústica y la sílice son los materiales esenciales.

1. Proceso en seco:

El óxido de silicio es combinado en un contenedor de fusión el cual opera aproximadamente a 1300 °C. La combinación es mezclada con carbonato de sodio en un contenedor a presión de calentamiento.

La apariencia externa de este producto es una forma semisólida similar a un vaso. En este punto, se añade una cantidad adecuada de agua al contenedor de calentamiento, el cual está a una presión de vapor por debajo de 6 [Kg/cm²] hasta su disolución. Esta solución es enviada a una poza de sedimentación para precipitar la mayoría de las impurezas. Luego es transferido a un tanque filtrador para una filtración fina. Luego, experimenta un proceso de blanqueado o decolorado para clarificar la solución, transformándolo en la concentración estipulada con lo cual concluye este proceso. (Ver Figura IV.12)

2. Proceso húmedo:

El proceso húmedo es muy semejante al proceso seco excepto que en el primer paso, donde las materias primas son colocadas directamente en un contenedor a presión. Este es calentado para impulsar una reacción química formando una solución llamada “vaso de agua”. Naturalmente, el contenedor construido en el proceso húmedo no es precisamente el mismo que en el proceso seco, pero todo proceso posterior es similar al proceso seco. (Ver Figura IV.12)

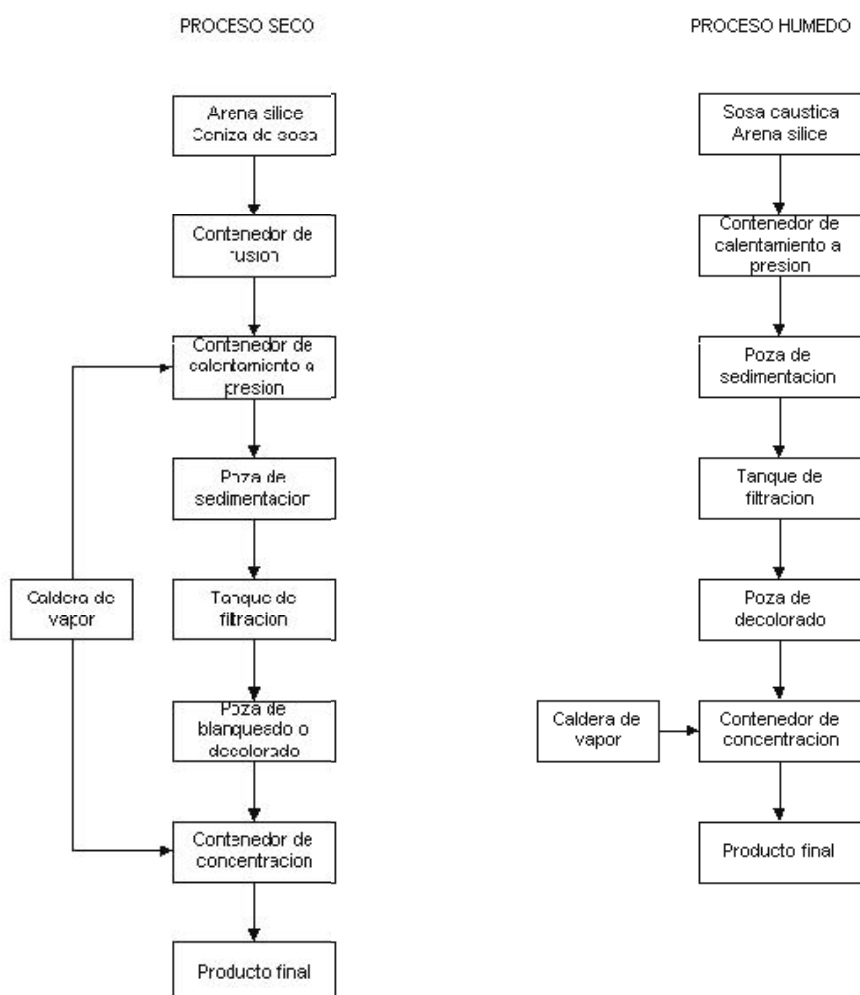


Figura IV. 12: Esquema de los distintos métodos de fabricación del silicato de sodio.



IV.4.- TAREAS EJECUTADAS EN LABORATORIO

Las tareas y ensayos sobre el silicato de sodio fueron ejecutadas en el laboratorio de suelos de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Católica de Córdoba.

A continuación se enumeran y describen los ensayos realizados sobre la muestra del silicato de sodio líquido comprado en una química local de la ciudad de Córdoba.

IV.4.a. - Determinación del punto de congelación

Con este ensayo se buscó determinar por un lado la temperatura y el tiempo que requiere el silicato de sodio para pasar de estado líquido a sólido. Por otro lado se quiso determinar que sucedía con su volumen, es decir, se quiso saber si el silicato al solidificarse sufría un proceso de expansión o contracción de su volumen.

El ensayo consistió en colocar 500 gr de silicato de sodio líquido en un pesafiltro e introducirlo a un congelador a -5°C (Ver Figura IV.13); siendo el objetivo verificar cada 15 minutos su estado, color, consistencia y volumen. Los resultados obtenidos se describen a continuación. (Ver Figura IV.14).



Figura IV. 13: Estado inicial del silicato antes de introducirlo en el congelador.



Figura IV. 14: Estado final del silicato.

Haciendo un análisis de los resultados se puede decir:

- El tiempo de congelamiento a -5°C fue de 3 hs aproximadamente.
- El silicato de sodio no sufrió variación en su volumen
- Se produjo un cambio en su color, pasó de ser cristalino a ser de color blanco vidrioso.
- El silicato de sodio pasó de ser un líquido viscoso a ser sólido vidrioso.
- Cuando se retiró el silicato de sodio del congelador y se colocó en un ambiente a 18°C , el mismo volvió a su estado líquido inicial en un tiempo aproximado de 2 horas. Cabe mencionar que se formó una película cristalina en la superficie en contacto con el aire.

Todo este análisis hace presuponer que el silicato de sodio como agente estabilizador en relaciones silicato/suelo mayores al 50% en peso, no es recomendable para ambientes con temperaturas bajo cero ya que se vuelve imposible su incorporación a la masa de suelo.

IV.4.b. - Determinación del tiempo de secado

Con este ensayo se buscó determinar la cantidad de agua (o líquido alguno) que posee el silicato de sodio en su constitución. Se colocó 500 gr de silicato de sodio en un pesafiltro y se introdujo en una estufa a 125°C (Ver



Figura IV.15); siendo el objetivo verificar cada 60 minutos el peso, estado, color, consistencia y volumen. A continuación se describen los resultados obtenidos. (Ver Tabla IV.2, Ver Gráfico III.1)



Figura IV. 15: Estado inicial del silicato antes de introducirlo en la estufa.

| | | |
|-------------------------------------|-----------|-----------|
| T° | 125 °C | |
| Muestra N°: | 1 | |
| Pesafiltro N°: | 15 | |
| Peso Pesafiltro | 344,50 gr | |
| P _{T:0} [hs] | 844,50 gr | |
| P _{T:1} [hs] | 723,00 gr | |
| P _{T:2} [hs] | 595,00 gr | |
| P _{T:3} [hs] | 546,00 gr | |
| P _{T:4} [hs] | 546,00 gr | |
| Contenido Total de H ₂ O | 59,70 % | 298,50 gr |
| Contenido Total de Silicato | 40,30 % | 201,50 gr |

Tabla IV. 2: Resultados de ensayo “Determinación del tiempo de secado”.

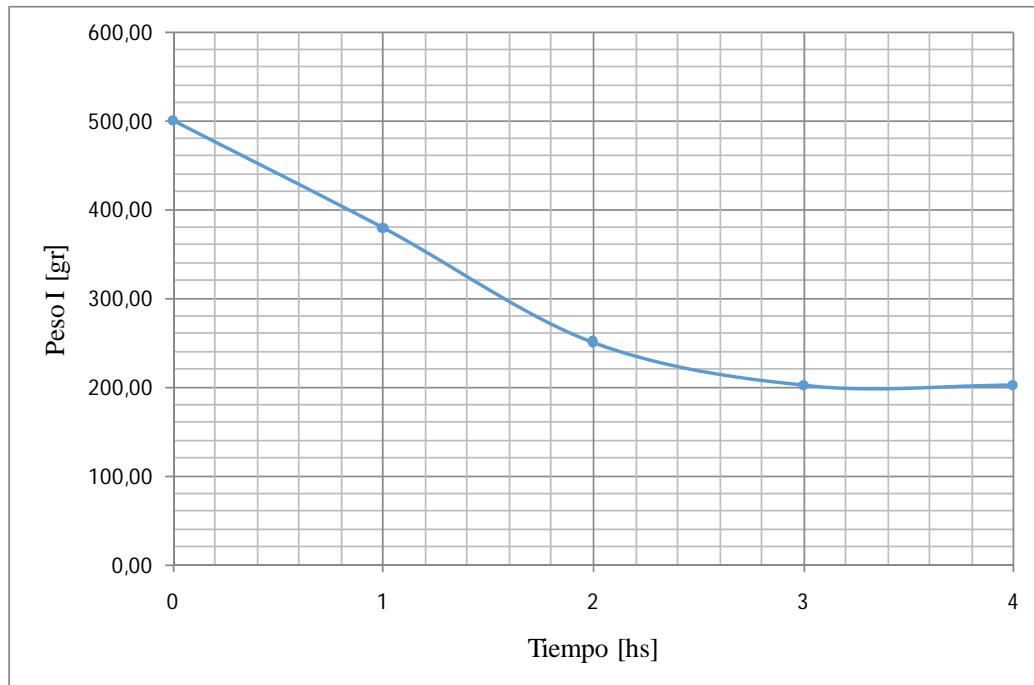


Grafico IV. 1: Variación del peso de la muestra Vs tiempo.

En la Figura IV. 16 se muestra el estado final del silicato de sodio una vez concluido el ensayo.



Figura IV. 16: Estado final del silicato evaporada la totalidad del H_2O .



Haciendo un análisis de los resultados se puede decir:

- El secado total de la muestra se logro en aproximadamente 3 horas.
- El 59,7 % de la masa total del silicato de sodio es H_2O , mientras que el restante 40,3 % corresponde a la porción solida del mismo.
- El silicato de sodio sufrió un gran incremento en su volumen. Este incremento fue de aproximadamente un 100 % con respecto a su estado inicial.
- Se produjo un cambio en su color, pasó de ser cristalino a ser de color blanco.
- El silicato de sodio pasó de ser un líquido viscoso a ser solido vidrioso con gran porosidad interna.



CAPITULO V

ESTABILIZACIÓN DE SUELOS CON SILICATOS



V. - ESTABILIZACIÓN DE SUELOS CON SILICATOS

V.1.- ANTECEDENTES

V.1.a. - Historia del mejoramiento de suelo con silicato

La utilización del silicato de sodio como agente utilizado para mejorar los materiales de construcción data de hace más de un siglo.

Johann Van Fuchs, quien fue pionera en la comercialización de silicatos solubles, propuso a comienzos del siglo XIX la utilización de los silicatos solubles como un elemento que favorecía el endurecimiento de piedras artificiales

Alrededor de 1910, el silicato de sodio comenzó a ser utilizado como agente impermeabilizador. En efecto, la aplicación de una solución de silicato de sodio con la posterior aplicación de silicato de calcio o bien de aluminio, en los huecos de un camino de piedra genera la precipitación del calcio o bien del aluminio.

Esto fue el puntapié inicial para el desarrollo de los caminos de macadam, donde la piedra partida se encontraba ligada por una matriz cementicia formada por una lechada de cal y de silicato de sodio.

Albert Francois, en 1915, encontró que la efectividad de una inyección cementicia podía incrementarse precediendo a la inyección mediante una inyección de silicato de sodio. Aparentemente, el gel cubre la superficie granular y favorece a la penetración de la inyección cementicia.

Posteriormente, un ingeniero holandés, Hugo Joosten, inyectó silicato de sodio en forma de lechada en fundaciones profundas seguidas por una inyección de cloruro de calcio.

El proceso consiste en introducir en el terreno tubos puntiagudos de acero de 25 mm de diámetro, hasta una profundidad de 25 metros y distanciados entre sí de 0,75 a 1,00 metros. Estos tubos poseen en su parte inferior unos agujeros mediante los cuales se “riega” el terreno a una presión a 100 atm. El espesor de la inyección es de 50 cm.

Terminada la inyección inicial, se procede a la aplicación de una solución salina de igual modo.

Las arenas de granos redondeados tienden a aglomerarse de mejor manera generando una masa más sólida y con una mayor cohesión aunque también se han obtenido resultados positivos con partículas angulosas.



Este método de inyección (con modificaciones), ha sido utilizado extensamente en fundaciones y en el control de la infiltración, pero el método es poco práctico en la solidificación del suelo en el primer metro desde la superficie (Sebastián Moretto, 2005).

V.1.b. - Métodos de inyección

Sea cual sea el proceso de inyección, el componente común a todos es una solución de silicato de sodio la cual se conoce como “agua de vidrio”. Esta solución posee hidróxido de sodio y ácido silíceo. La adición de sales o ácidos puede generar que la solución de silicato se transforme en un gel.

Existen numerosas patentes en relación a los métodos de inyección sin embargo, se considera que aquellos métodos en los cuales se realiza una única inyección son mejores que aquellos en los cuales se emplean dos inyecciones.

Sin embargo, los métodos que utilizan una única inyección poseen el problema de elegir las proporciones adecuadas para que la formación del gel no ocurra durante el proceso de inyección sino que ocurra una vez finalizado el mismo. Este tiempo es variable y depende fundamentalmente de la naturaleza del suelo.

V.1.c. - Permanencia

Por lo general son tres los procesos que pueden generar el deterioro del gel silicato presente en los huecos del suelo en un proceso de inyección. Estos son:

- Encogimiento debido a expulsión espontánea de agua (sinéresis)
- Encogimiento debido a desecación.
- Erosión debido al agua subterránea

Todos los silicatos sufren el proceso de sinéresis y, los distintos ensayos de laboratorio indican que la pérdida de agua puede variar desde un 20% hasta un 60% en peso en los dos meses subsiguientes.



V.1.d. - Limitaciones

Independientemente de cuál sea el proceso de inyección elegido, la efectividad del proceso radica en la cantidad de vacíos que posea el suelo de manera que la inyección sea ejecutada a presiones razonables, y de la cantidad de carbonato dispersos en la matriz de suelo.

Suelos con contenidos importantes de CaCO_3 pueden disminuir los tiempos de fraguado mientras que la presencia de materia orgánica puede impedir el fraguado de ciertos geles.

Esto implica que el límite inferior sería una arena fina libre de limos y arcilla aunque, gravas con un contenido significativo de finos pueden ser inyectados de manera satisfactoria.

V.1.e. - Silicato de sodio como agente estabilizador – Mecanismo de reacción suelo-silicato de sodio

El silicato de sodio puede ser utilizado en la estabilización de suelos cuando se tiene la presencia de sales de calcio diluidas en agua, pues esto origina silicatos gelatinosos de calcio insolubles, los cuales al hidratarse producen un magnífico agente cementante.

Mediante un estudio exhaustivo, en el Instituto Tecnológico de Massachusetts se encontró que otros tipos de sales diferentes a los ya referidos, tales como el sulfato de cobre, sulfato de bario, sulfato de aluminio, sulfato de magnesio, etc., no producen cambios significativos a los suelos, o bien la mejoría resulta muy pequeña y su costo elevado como para justificar la aplicación de dichas sales.

Si bien la acción ligante del silicato ha sido estudiada de manera exhaustiva, la misma no ha sido explicada adecuadamente. Se estima que el silicato se encuentra en la forma de cadenas poliméricas de vínculos de silicato-oxígeno con el sodio distribuido a lo largo de la cadena en el oxígeno. La adición de un ion polivalente como el Ca^{++} o bien el Mg^{++} en reemplazo del Na^+ permite la unión de dos cadenas para formar una estructura insoluble.

Algunas evidencias indican que en la reacción del silicato de sodio con el suelo se presenta un intercambio aniónico, dando como resultado la formación de corazas de silicatos insolubles alrededor de las partículas de suelo, aunado a la acción cementante entre las partículas de suelo y el estabilizante. (Ver Figura V.1)

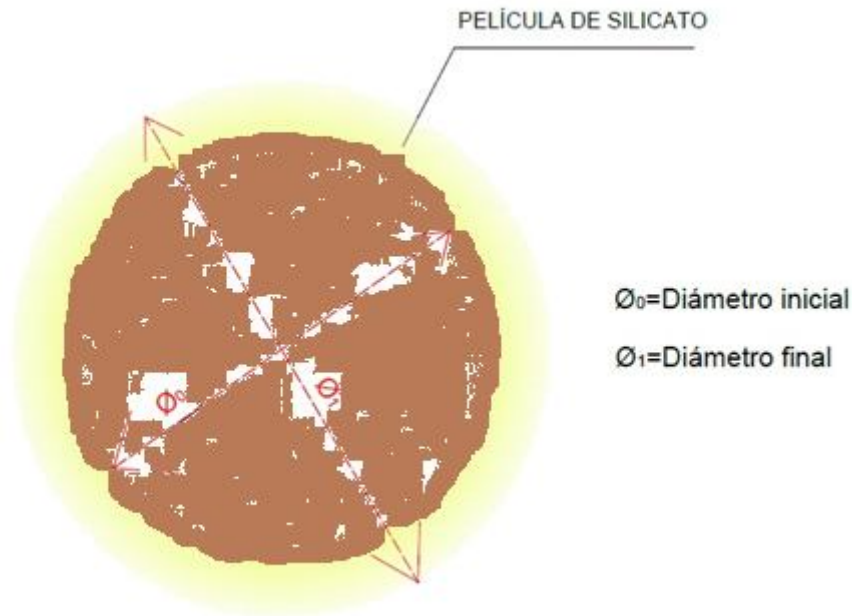


Figura V. 1: Engrosamiento de la partícula debido al silicato de sodio.

El efecto de la adición del silicato de sodio en suelos adecuados es de incrementar la estabilidad frente a la adición de agua y la resistencia al aplastamiento. También disminuye la plasticidad y la expansión del suelo.

Las variables más importantes para un adecuado mecanismo de reacción son:

- Cantidad de sílice polimérica lo que determina la cantidad de gel a formarse.
- La frecuencia de átomos de sodio en la cadena, la cual determina la cantidad de vínculos que se pueden generar.
- La concentración de precipitante, el cual determina la extensión del vínculo.

La estabilización de suelos con silicato de sodio para su empleo en carreteras, se ha empleado en el mundo desde 1945, aproximadamente, en algunas ocasiones se lo empleó solo y otras veces junto con otros productos químicos. Parece ser que los mejores resultados se han obtenido en el caso de suelos arenosos y climas moderados.



Sin embargo, teniendo en cuenta los antecedentes consultados se demuestra que el éxito del silicato de sodio como agente estabilizador radica en la presencia de carbonatos de calcio, por lo tanto se decide estudiar su aplicación en los suelos finos característicos de Córdoba (presentan carbonatos de calcio) y así poder determinar su potencialidad para el uso vial.

V.2.- TAREAS REALIZADAS EN LABORATORIO

Los lineamientos metodológicos seguidos para el estudio de mezclas son los prefijados por las normas ASTM e IRAM, donde se recomienda que para determinar la óptima dosificación del agente químico en la masa natural de los suelos, es necesario ejecutar los siguientes ensayos:

- Identificación de suelos por S.U.C.S.;
- Ejecutar mezclas de suelo con distintas dosificaciones de agentes según el tipo de suelo estudiado;
- Pre-calificar las mezclas más factible para la finalidad de la obra proyectada. Posteriormente cuantificar la mejor dosificación según la finalidad de la misma;
- Ejecutar ensayos tenso-deformacionales de las mezclas que califiquen más favorablemente según el modo constructivo del mejoramiento en obra.

El trabajo a ejecutar en el laboratorio de suelos, situado en las instalaciones de la Facultad de ingeniería de la UCC, consistirá en mezclar el loess (fase caracterizado en el apartado III, junto con distintas relaciones silicato-agua.

Teniendo en cuenta tanto lo dicho anteriormente como así también los antecedentes consultados, se decidió trabajar con las siguientes relaciones:

- S1:A2
- S1:A4
- S1:A5
- S1:A6
- S1:A8

Nota: S: silicato de sodio (fase líquida).

A: agua potable (fase líquida).



Es importante destacar que estas relaciones se hacen sobre la fase líquida de la mezcla, es decir, que a la fase líquida requerida por la mezcla se divide en cuantas partes diga la relación.

Esta selección de relaciones se realizó atendiendo a los siguientes criterios:

- Se decidió trabajar con la relación de referencia 1:5 ya que según los antecedentes consultados en suelos arcillosos habría reaccionado correctamente.
- Para poder verificar que la mezcla óptima se lograba con una relación 1:5, se decidió trabajar también con las relaciones 1:4 y 1:6 por tratarse de relaciones una inmediata inferior como superior a la relación de referencia.
- Por último se adicionaron las relaciones 1:2 y 1:8 para tomar a estas como valores extremos y poder así establecer una tendencia más clara del estudio de dosificaciones.

A continuación se detallan tanto los ensayos ejecutados sobre las diferentes dosificaciones como también su orden de realización, con el fin de encontrar la mezcla óptima, es decir, la que presente las mejores propiedades y características mecánicas.

Para la ejecución de los diferentes ensayos de identificación y caracterización de las mezclas de suelo-silicato-agua se tuvieron en cuenta las normas ASTM, tal como se referencia en el capítulo III, en la Tabla III.3.

Las planillas correspondientes a cada ensayo, se encuentran adjuntas en el Anexo B.

V.2.a. - Determinación de fase líquida

El ensayo consistió en ir variando el porcentaje de fase líquida de la mezcla de tal forma de poder determinar el rango de valores entre los cuales se debe encontrar la misma. Esto implica determinar el valor que permita lograr una mezcla con una consistencia semisólida (como máximo) tal que pueda ser compactada por vía seca.

Se probaron para cada mezcla diferentes cantidades de fase líquida, siendo las mismas 10 %, 20 %, 30 %, y 40 % (estos son porcentajes de fase líquida y siempre respetando la relación de la mezcla)

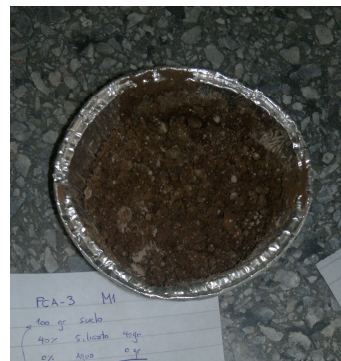
A continuación se describe el procedimiento del ensayo:

1. Se colocan 100 gs de suelo seco (fase sólida) en un pesafiltro.
2. Preparación de la fase líquida: en un recipiente aparte se colocaron las cantidades de silicato de sodio y agua correspondientes, luego mediante la utilización de una cuchara se mezcló ambos materiales.
3. Se vierte la fase líquida (silicato + agua) en el pesafiltro junto a la fase sólida (loess).
4. Con una espátula se procede a mezclar de tal forma que ambas fases (sólida y líquida) quede completamente incorporada; siendo garantizada una incorporación uniforme hasta cumplimentar una consistencia como máximo semisólida.

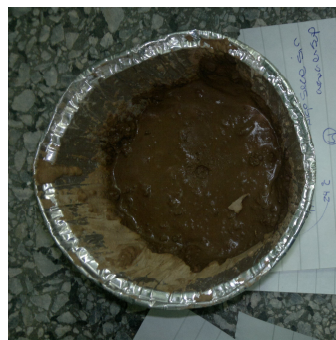
Los resultados observados fueron que en todos los casos al superar el 30 % de fase líquida, la mezcla se vuelve líquida y por lo tanto se descarta para la aplicación estudiada. (Ver Figura V.2)



10% Fase líquida



20% Fase líquida



30% Fase líquida



40% Fase líquida

Figura V. 2: Determinación de fase líquida.



En un proceso de compactación de uso vial a medida que aumenta el contenido de silicato en la mezcla, los requerimientos de agua son mayores. Esto implica una mayor demanda de agua por parte de la fase sólida para obtener una trabajabilidad adecuada.

En la Tabla V.1 se muestran las observaciones de cada ensayo realizado con loess del campus UCC, silicato de sodio y agua potable. (Ver Tabla V.1 en Anexo B)

V.2.b. - Proctor Estándar

Determinado el rango de valores de la fase líquida se procedió a realizar para cada mezcla el ensayo de Proctor estándar para determinar las respectivas humedades óptimas y sus correspondientes densidades secas máximas. (Ver planillas individuales en Anexo B)

Este ensayo se realizó atendiendo a los valores de la Tabla V.2. (Ver Tabla V.2 en Anexo B)

Posterior a la realización del ensayo se procedió a determinar las proporciones (suelo-silicato- H_2O) para lograr el punto óptimo de cada mezcla. Las proporciones de las distintas mezclas son:

- 10:1:2
- 18:1:4
- 22:1:5
- 28:1:6
- 38:1:8

| |
|---------------------------|
| SUELO : SILICATO : H_2O |
|---------------------------|

Determinadas las proporciones para obtener los puntos óptimos de cada mezcla, es decir, las cantidades de suelo, silicato y agua con las cuales se logra la densidad máxima se procedió a la preparación de dos tipos de probetas para cada dosificación a estudiar según su finalidad:

- **Probetas dosificadas secas:** se prepararon pastones de cada dosificación y se secaron en la estufa a 100 °C durante 24 hs. Luego de sacar el pastón seco, se lo desterrono y desmenuzo para realizar ensayos de caracterización geotécnica como:



V.2.c. - Límites de Atterberg

Como se describe en el apartado III.2.g se determinó tanto el límite plástico como también el límite líquido de cada mezcla. (Ver planillas individuales en Anexo B)

V.2.d. - Lavado Tamiz N° 200

Este ensayo se realizó conforme a lo descripto en el apartado III.2.d. El objetivo del mismo es determinar cómo varia el tamaño del grano de frente a la adición del silicato. (Ver planillas individuales en Anexo B)

V.2.e. - Granulometría Mecánica

Este ensayo se realizó conforme a lo descripto en el apartado III.2.e para todas las mezclas analizadas. (Ver planillas individuales en Anexo B)

V.2.f. - Batería de ensayos químicos

Los ensayos fueron realizados por la Agencia Córdoba Ambiente. Se determinó pH, conductividad eléctrica, cationes de intercambio y carbonatos de todas las mezclas. (Ver planillas individuales en Anexo B)

V.2.g. - Azul de metileno

Este ensayo se realizó conforme a lo descripto en el apartado III.2.k solo para las mezclas 10:1:2 y 22:1:5. (Ver planillas individuales en Anexo B)

- **Probetas dosificadas húmedas:** se prepararon pastones de cada dosificación con la humedad óptima para ser compactadas al T99 de la densidad seca máxima y realizarles ensayos tenso-deformacionales como:

V.2.h. - Compresión Simple

Este ensayo se realizó sobre todas las mezclas analizadas siguiendo los pasos descriptos a continuación:



1. Fabricación de la probeta

Para el armado de probetas, se ejecutó nuevamente el ensayo próctor estándar T-99 con las diferentes mezclas de suelo-silicato-agua. Las mismas, fueron compactadas en 3 capas de 25 golpes cada una, teniendo en cuenta los parámetros de densidad seca máxima y humedad óptima a partir del ensayo proctor T-99 realizado anteriormente para cada mezcla.

Se armaron 4 probetas para cada mezcla para luego ser ensayadas a distintos tiempos de curado.

2. Desmolde de la probeta

Una vez armada la probeta, se procedió al desmolde de la misma utilizando una extractora de probetas Próctor.

3. Curado de probetas

Todas las probetas se curaron en un ambiente húmedo de manera que el proceso no sea afectado por condiciones externas. Los tiempos adoptados fueron de 3,7, 14 y 21 días, análogos a los tiempos de curado de probetas de hormigón. Esto nos permitirá a posteriori determinar, de manera aproximada, el tiempo de fraguado del agente estabilizante empleado.

4. Ejecución del ensayo

Se determinó la resistencia al corte no drenado (S_u), la tensión de rotura (σ_r), la deformación de rotura (ϵ_r) y los módulos de elasticidad secante a rotura. (Ver planillas individuales en Anexo B); (Ver Figura V.3)



Figura V. 3: Ensayo de compresión simple sobre probetas T99.

V.2.i. - CBR (California Bearing Ratio) con hinchamiento

Dicho ensayo constó de las mismas 3 etapas detalladas en el apartado III.2.1. (Ver planillas individuales en Anexo B)

Cabe destacar que el ensayo se realizó a 4 y 11 días de hinchamiento. El ensayo a los 11 días se ejecutó debido a que se estimó que el tiempo de fraguado del silicato de sodio oscila entre 10 y 12 días.

Ambas mezclas fueron compactadas en 5 capas siendo el número de golpes por capa el establecido en la siguiente tabla. (Ver Tabla V.1)

| Mezcla | Numero de golpes |
|--------|------------------|
| 10:1:2 | 20 |
| 22:1:5 | 20 |

Tabla V. 1: Numero de golpes por capa para las diferentes mezclas.

Los cálculos realizados para obtener el número de golpes por capa se encuentran detallados en el apartado III.2.1.



V.3.- RESULTADOS Y ANALISIS DE MEZCLAS

En la Tabla V.2 se resumen los principales resultados de los ensayos ejecutados sobre las diferentes mezclas.

| MEZCLA | ω [%] | γ_{ss} | LAV. TAMIZ N°200 | | L. PLASTICO | L. LIQUIDO | INDICE DE PLASTICIDAD |
|--------|-----------------|-------------------------|------------------|-----------------|-------------|------------|-----------------------|
| | | [gr / cm ³] | $R_{N°200}$ [%] | $P_{N°200}$ [%] | [%] | [%] | |
| 10:1:2 | 0,0 | 0,00 | 15,67 | 84,33 | 25,00 | 27,36 | 2,36 |
| 18:1:4 | 0,0 | 0,00 | 13,67 | 86,33 | 22,22 | 24,60 | 2,38 |
| 22:1:5 | 0,0 | 0,00 | 12,67 | 87,33 | 25,00 | 27,74 | 2,74 |
| 28:1:6 | 0,0 | 0,00 | 11,67 | 88,33 | 19,05 | 21,77 | 2,72 |
| 38:1:8 | 0,0 | 0,00 | 7,50 | 92,50 | 22,22 | 25,07 | 2,85 |

| MEZCLA | GRANU. MECANICA | | | | | | | |
|--------|-----------------|-----------------|-----------------|-------|------|-----------|-----------|--------------------|
| | D ₁₀ | D ₃₀ | D ₆₀ | Cu | Cc | GRAVA [%] | ARENA [%] | LIMO / ARCILLA [%] |
| 10:1:2 | 0,125 | 0,425 | 1,500 | 12,00 | 0,96 | 0,67 | 15,00 | 84,33 |
| 18:1:4 | 0,150 | 0,425 | 1,180 | 7,87 | 1,02 | 0,50 | 13,17 | 86,33 |
| 22:1:5 | 0,160 | 0,330 | 0,800 | 5,00 | 0,85 | 0,17 | 12,50 | 87,33 |
| 28:1:6 | 0,150 | 0,350 | 0,900 | 6,00 | 0,91 | 0,17 | 11,50 | 88,33 |
| 38:1:8 | 0,125 | 0,270 | 0,900 | 7,20 | 0,65 | 0,17 | 7,33 | 92,50 |

| MEZCLA | ENSAYOS QUIMICOS | | | | | | | E. azul de metileno | |
|--------|------------------|-----------------|-----------------------|----------|----|-----|-----|-----------------------|----------------|
| | Ph | Cond. Electrica | CaCO ₃ [%] | Cationes | | | | N _{promedio} | S _e |
| | | | | Ca | Mg | Na | K | | |
| 10:1:2 | 9,8 | 1,40 | 2,3 | - | - | - | - | 1,77 | 1,08 |
| 18:1:4 | 9,6 | 0,99 | 3,2 | - | - | - | - | NR | NR |
| 22:1:5 | 9,5 | 0,78 | 3,0 | - | - | 7,3 | 1,8 | 1,33 | 0,82 |
| 28:1:6 | 9,4 | 0,73 | 3,0 | - | - | 4,8 | 1,8 | NR | NR |
| 38:1:8 | 9,3 | 0,61 | 2,9 | - | - | 3,6 | 1,8 | NR | NR |

| MEZCLA | CLASIFICACION | | CBR2,5mm (Kg/cm ²) | | COMPRESIÓN SIMPLE |
|--------|---------------|--------|--------------------------------|------------------|--|
| | SUCS | AAHSTO | 4 DIAS [%] | 11 DIAS [%] | E ₁ % [km / cm ²] |
| | | | | | |
| 10:1:2 | ML | A-4 | 12,300 | 16,100 | VER RESULTADOS EN TABLA V.8 |
| 18:1:4 | ML | A-4 | NR | NR | |
| 22:1:5 | ML | A-4 | 8,0 | 8,000 | |
| 28:1:6 | ML | A-4 | NR | NR | |
| 38:1:8 | ML | A-4 | NR | NR | |

| | |
|-------|--|
| NOTA: | NC: No corresponde por ser muestra inalterada NR: Ensayo no realizado |
|-------|--|

Tabla V. 2: Resumen de ensayos geotécnicos ejecutados sobre mezclas suelo-silicato.



V.3.a. - Proctor estándar

A continuación, se presentan los gráficos del compendio de resultados del ensayo próctor estándar T-99 de las diferentes mezclas analizadas. (Ver Gráfico V.1); (Ver Gráfico V.2)

Humedad óptima

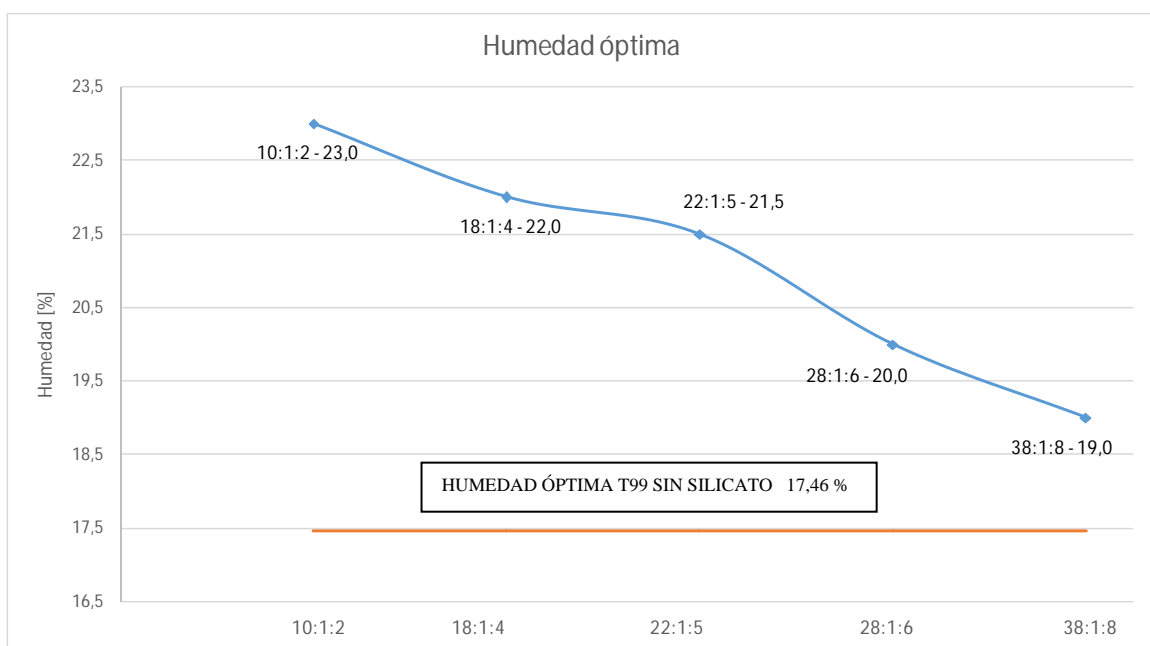


Gráfico V. 1: Humedad óptima para las diferentes mezclas.

Analizando la variación del contenido de humedad para el punto óptimo de compactación Proctor estándar se puede observar:

- Todas las mezclas con silicato poseen un contenido de humedad mayor que el del suelo natural (o sea sin silicato).
- A medida que aumenta el contenido de silicato en cada mezcla, aumenta el contenido de humedad de la misma. Para formar la fase líquida el silicato podría reaccionar rápidamente con el carbonato de calcio disgregado en la matriz de suelo o sea comienza el proceso de formación de cristales.

Se supone que el incremento en el contenido de humedad está asociado a la presencia del silicato en la mezcla. Esto se deduce ya que para formar la



fase líquida el silicato podría reaccionar “rápidamente” con el carbonato de calcio disgregado en la matriz de loess o sea comienza el proceso de formación de cristales. Por lo tanto requiere un mayor contenido de agua para poderse incorporar al suelo y lograr la densidad máxima.

Densidad seca máxima

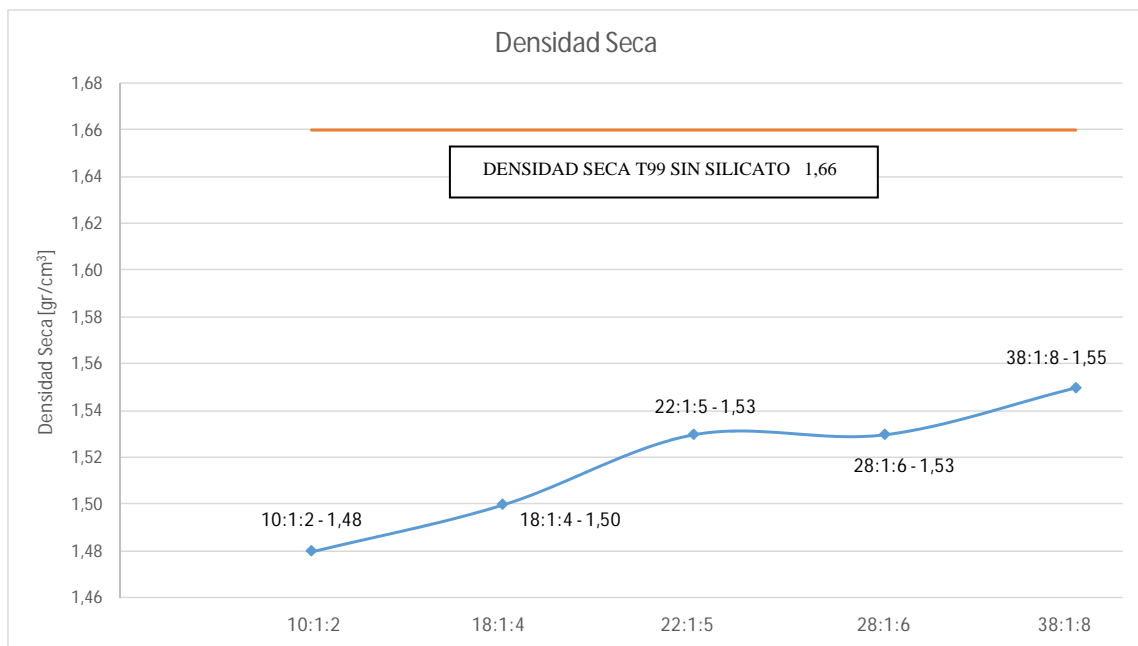


Grafico V. 2: Densidad seca para las diferentes mezclas.

Analizando la variación de la densidad seca del punto óptimo de compactación Proctor estándar se puede observar:

- Todas las mezclas con silicato poseen una densidad seca menor que el del suelo natural (o sea sin silicato).
- A medida que aumenta la proporción de silicato en la mezcla, disminuye la densidad seca máxima, es decir que el contenido de silicato es inversamente proporcional a la densidad seca máxima para un tiempo de preparación de pastones casi inicial.



V.3.b. - Límites de Atterberg

Límite plástico

A continuación, se presenta el gráfico del compendio de resultados del ensayo de límite plástico de las distintas mezclas analizadas. (Ver Gráfico V.3)

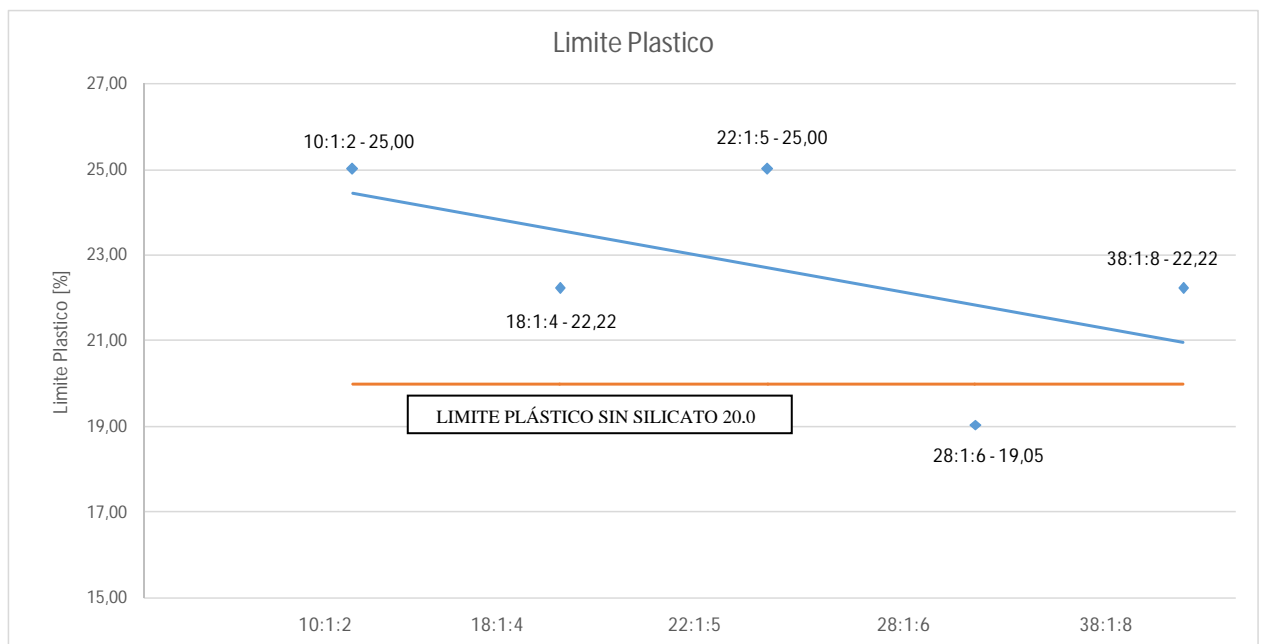


Gráfico V. 3: Límite plástico para las diferentes mezclas.

Se observa que la presencia de silicato modifica el límite plástico. Si bien no se puede establecer una relación clara entre el contenido de silicato y el límite plástico, sí se puede apreciar que los límites plásticos aumentan ante la presencia de silicato cada la mezcla en forma generalizada.

En cuanto a resultado obtenido para la mezcla 1:6, se puede asumir que se debe a la dispersión propia del ensayo, por lo que se recomienda la verificación del mismo.

Límite líquido

A continuación, se presenta el gráfico del compendio de resultados del ensayo de límite líquido de las diferentes mezclas analizadas. (Ver Gráfico V.4)

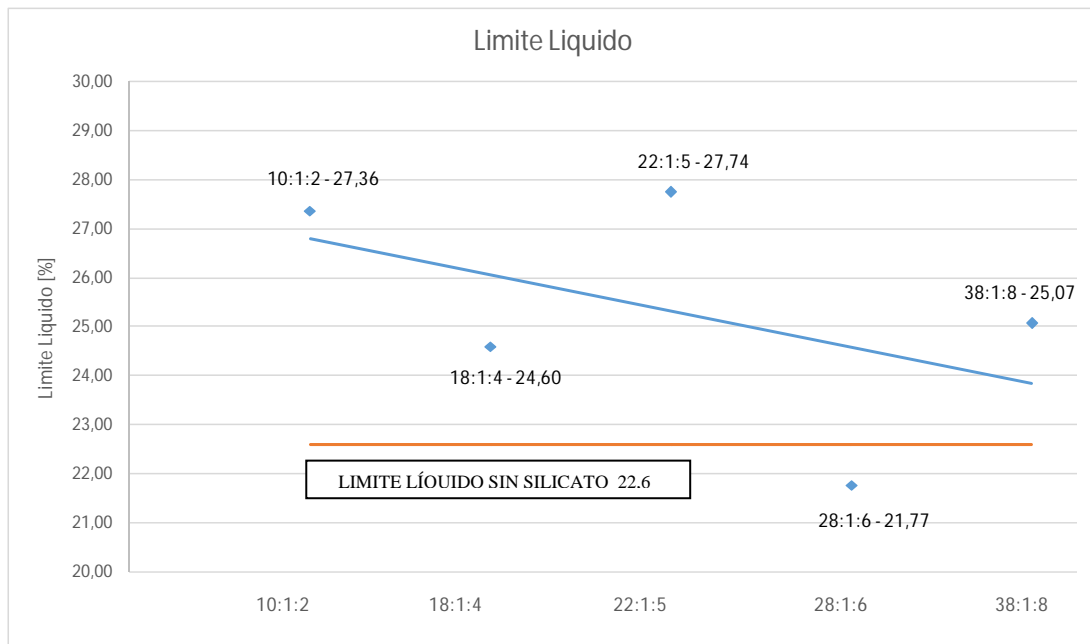


Gráfico V. 4: Límite líquido para las diferentes mezclas.

Al igual que con el límite plástico se observa que los valores obtenidos de límite líquido para las mezclas con silicato son mayores que el del suelo natural (o sea sin silicato).

En cuanto al valor obtenido en la mezcla 1:6 se recomienda hacer una verificación del mismo.

Índice de plasticidad

El índice de plasticidad indica la magnitud del intervalo de humedades en el cual el suelo posee consistencia plástica. Se define como la diferencia numérica entre el Límite Líquido y el Límite Plástico:

$$I_p = LL - LP \quad (1)$$

El índice de plasticidad nos indica la sensibilidad del suelo frente a variaciones en su contenido de humedad. Un índice de plasticidad bajo implica que, frente a pequeños incrementos de humedad, el suelo pasa de un estado semi-sólido a líquido. Por contrapartida, un índice de plasticidad elevado implica que, para que se de dicho cambio de estado, es necesario adicionar cantidades elevadas de agua.

A continuación, se presenta el gráfico donde se muestran los índices de plasticidad obtenidos para las diferentes mezclas. (Ver Gráfico V.5)

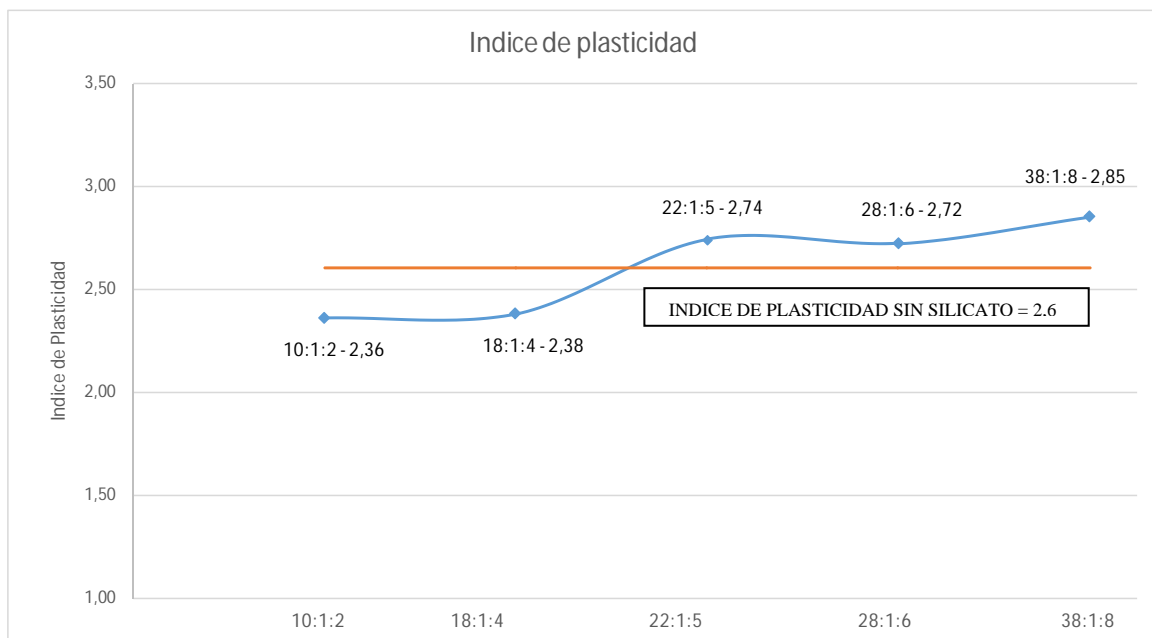


Gráfico V. 5: Índice de plasticidad para las diferentes mezclas.

Según el Gráfico V.5 se observa que la incorporación de silicato de sodio al loess estudiado no modifica considerablemente su índice de plasticidad. Sin embargo, existe una leve tendencia al alza del I_p a medida que aumenta el porcentaje de silicato de sodio.

Para representar mejor los valores de I_p , ω_{LL} y ω_{LP} mostrados en la Tabla VI.1., se decidió realizar un gráfico de cuádruple entrada, que muestre la correlación y tendencias de estos parámetros, en función del contenido de material de descarte (%) presente en las mezclas estudiadas; pudiéndose obtener aproximadamente mediante el mismo, valores intermedios. (Ver Gráfico V.6)

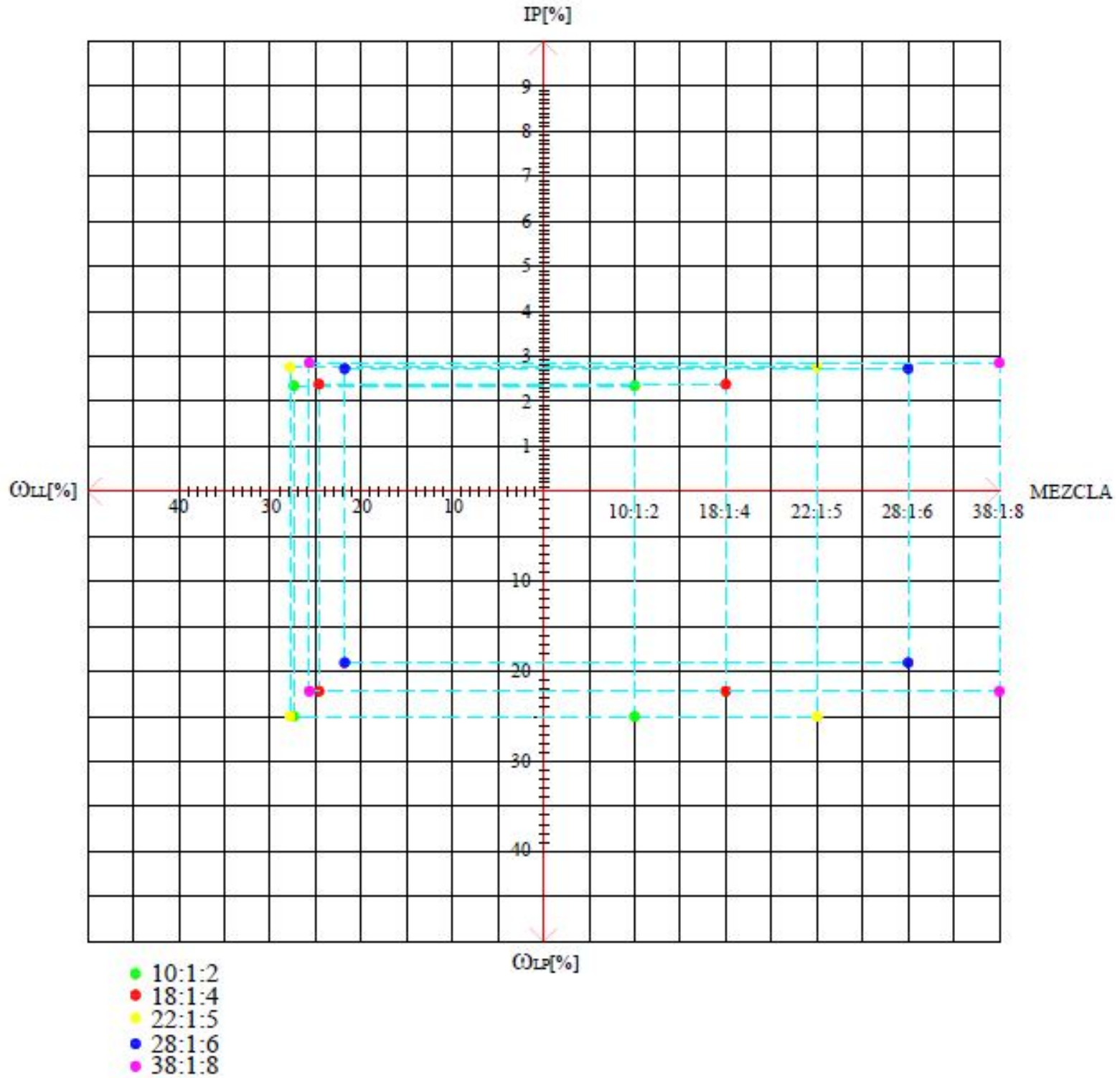


Gráfico V. 6: Correlación de los Límites de Atterberg para las diferentes mezclas.

Según el Sistema Unificado de clasificación (S.U.C.S.), las mezclas se ubicarían en la parte inferior izquierda de la carta de plasticidad entre las pertenecientes al grupo de suelo ML correspondientes a los limos y loess inorgánicos de baja plasticidad (Ver Gráfico V.7)

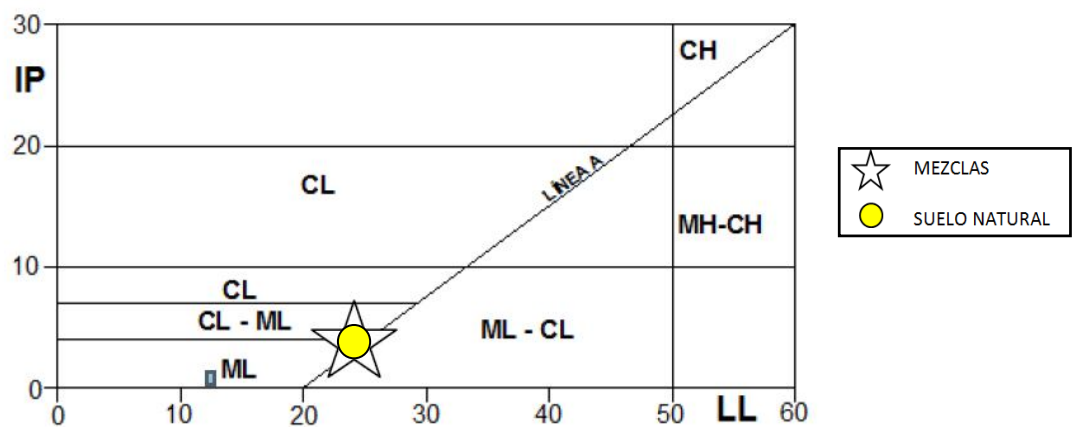


Gráfico V. 7: Carta de plasticidad (Redolfi et al., 1986).

Según la American Association of State Highway and Transportation (AASHTO), las mezclas suelo natural – silicato, pertenecerían al grupo A-4. (Ver Gráfico V.8)

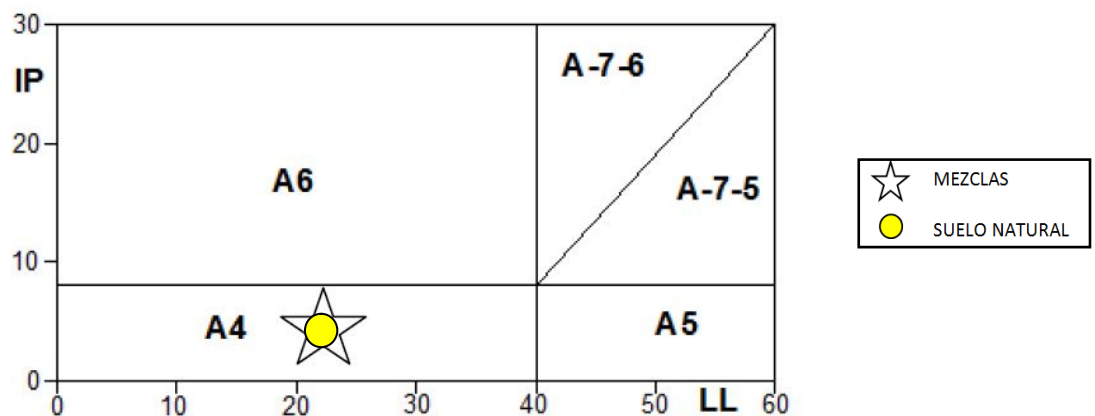


Gráfico V. 8: Carta de plasticidad AASHTO.



Según los índices de plasticidad obtenidos se puede decir que las mezclas 10:1:2, 18:1:4 y 22:1:5 son tentativas a seguir analizando en una tendencia de mezclas.

V.3.c. - Análisis granulométrico

Coefficiente de uniformidad

Se define el coeficiente de uniformidad como:

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} \quad (2)$$

Nota: D_{10} : tamaño de la abertura por el que pasa el 10% de la muestra.

D_{60} : tamaño de la abertura por el que pasa el 60% de la muestra.

Cuanto menor es el coeficiente de uniformidad, más uniforme es el suelo. De esta forma, valores de coeficiente de uniformidad bajos corresponden a suelos uniformes, mientras que valores altos corresponden a suelos bien graduados, es decir suelos con una buena distribución de tamaños de partículas.

A continuación, se presenta el gráfico donde se muestran los coeficientes de uniformidad obtenidos para las diferentes mezclas. (Ver Gráfico V.9)

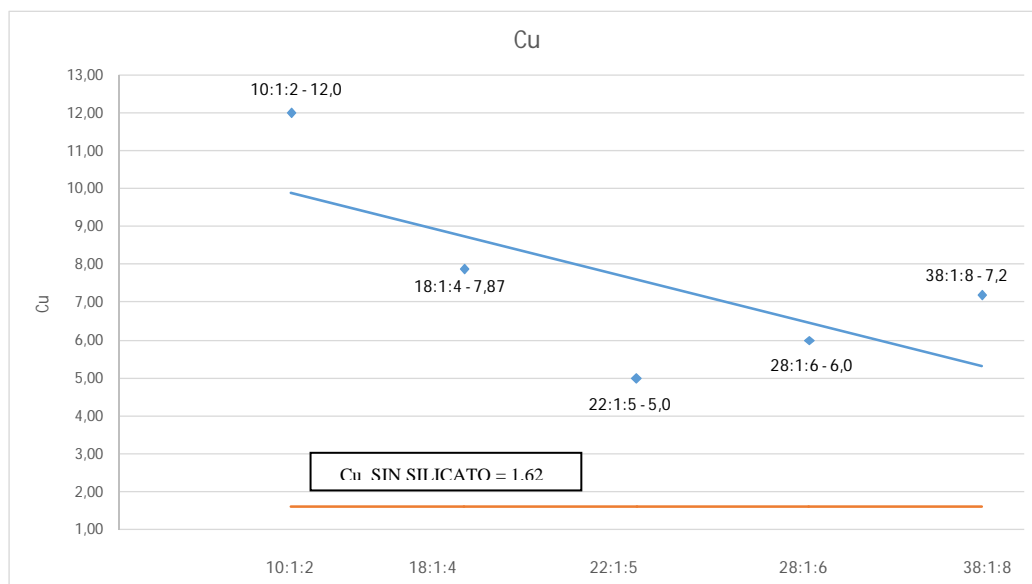


Gráfico V. 9: Coeficientes de uniformidad para las diferentes mezclas.



Como se puede observar en el Gráfico V.9 todas las mezclas con silicato de sodio poseen un C_U mayor que el del suelo natural.

Si bien lo que se busca en un suelo para uso vial es que sea bien graduado y no uniforme, podemos decir que el silicato produce un engrosamiento de las partículas convirtiéndolo así en un suelo más granular, lo cual resulta en una característica deseable.

Se pudo observar que la mezcla 10:1:2 fue la que produjo un mayor engrosamiento de las partículas. En relación a este parámetro, esta mezcla es la que presentó una mejor respuesta a los fines establecidos.

Coeficiente de curvatura

Se define el coeficiente de curvatura como:

$$C_c = \frac{D_{30}^2}{D_{60} \times D_{10}} \quad (3)$$

Nota: D_{10} : tamaño de la abertura por el que pasa el 10% de la muestra.

D_{30} : tamaño de la abertura por el que pasa el 30% de la muestra.

D_{60} : tamaño de la abertura por el que pasa el 60% de la muestra.

Este coeficiente refleja la curvatura de la curva granulométrica. Los suelos bien graduados (o sea con casi todos los diámetros de partículas) tienen valores de éste coeficiente comprendidos entre 1 y 3.

A continuación, se presenta el gráfico donde se muestran los coeficientes de curvatura obtenidos para las diferentes mezclas. (Ver Gráfico V.10)

Se observa que en las mezclas 10:1:2, 18:1:4 y 28:1:6 el coeficiente de curvatura aumentó respecto al suelo natural sin silicato. Si bien el incremento no es muy significativo, se puede decir que se pudo lograr un leve mejoramiento en cuanto a este parámetro.

Por lo tanto estas mezclas son las más tentativas a seguir analizando en cuanto al parámetro analizado.

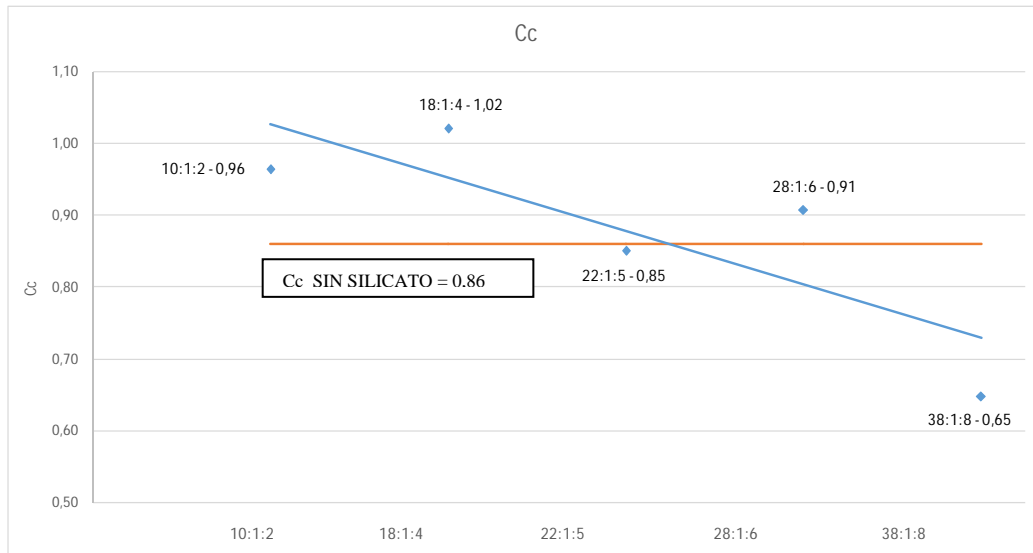


Gráfico V. 10: Coeficientes de curvatura para las diferentes mezclas.

V.3.d. - Compresión simple

Los resultados obtenidos con las diferentes mezclas fueron mejores a los que se obtuvieron con el suelo natural. Éste mejoramiento en los parámetros analizados es mayor a medida que aumenta el tiempo de curado de la probeta.

Analizando los resultados de los Gráficos V.11, V.12; V.13; V.14 y V.15 se determinaron los módulos elásticos secantes (E) y las tensiones correspondientes a una deformación del 1%. La determinación de calcular el E1% es para informar la respuesta tenso-deformacional en el periodo elástico de cada dosificación. También se calcularon las tensiones de rotura y resistencias al corte no drenadas (S_u) de las mezclas. Todos estos parámetros se calcularon para todos los tiempos de curado estudiados. (Ver planillas individuales en Anexo B)

A continuación se presentan tanto las tablas con los resultados logrados para las diferentes mezclas, como también los gráficos tensión-deformación de las mismas.



Mezcla 10:1:2

| 10:1:2 | | | | | |
|--------|---------------------------------------|---------------------|----------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------|
| [DIAS] | σ_R [km / cm ²] | ϵ_v [%] | S_U [km / cm ²] | DEFORMACION AL 1 % | |
| | | | | σ_1 % [km / cm ²] | E_1 % [km / cm ²] |
| 3 | 1,52 | 1,89 | 0,76 | 0,82 | 82 |
| 7 | 2,34 | 1,29 | 1,17 | 2,04 | 204 |
| 14 | 2,49 | 1,20 | 1,25 | 2,03 | 203 |
| 21 | 2,49 | 1,20 | 1,25 | 2,26 | 226 |

Tabla V. 3: Resultados obtenidos para la mezcla 10:1:2 con diferentes tiempos de curado.

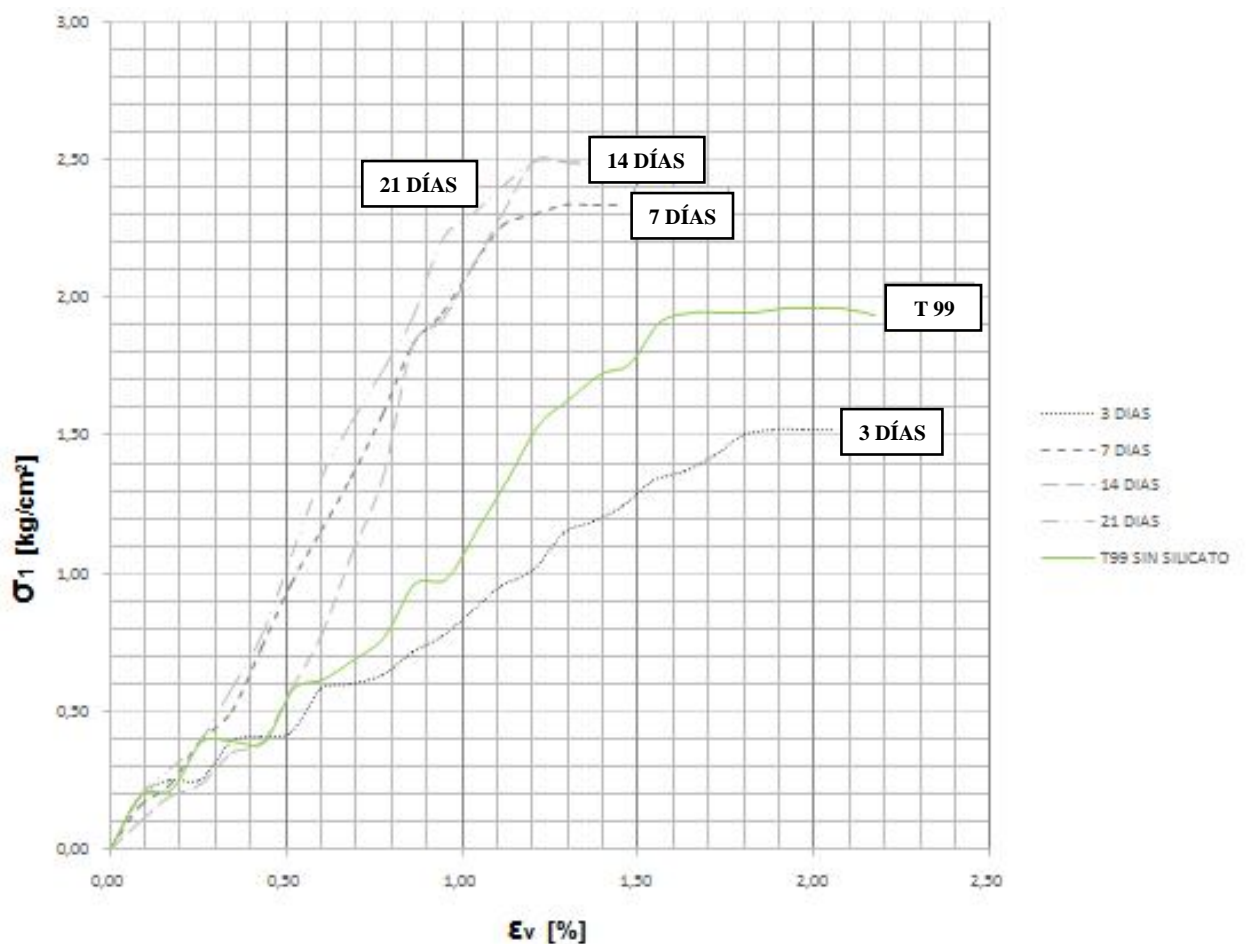


Gráfico V. 11: Compendio de resultados de compresión simple en probetas no saturadas para mezcla 10:1:2 a t=3, 7, 14 y 21 días.



Mezcla 18:1:4

| 18:1:4 | | | | | |
|--------|---------------------------------------|---------------------|----------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------|
| [DIAS] | σ_R [km / cm ²] | ϵ_v [%] | S_U [km / cm ²] | DEFORMACION AL 1 % | |
| | | | | σ_1 % [km / cm ²] | E_1 % [km / cm ²] |
| 3 | 2,05 | 1,89 | 1,03 | 1,30 | 130 |
| 7 | 2,26 | 2,75 | 1,13 | 0,87 | 87 |
| 14 | 2,37 | 2,32 | 1,19 | 1,46 | 146 |
| 21 | 2,46 | 2,23 | 1,23 | 1,02 | 102 |

Tabla V. 4: Resultados obtenidos para la mezcla 18:1:4 con diferentes tiempos de curado.

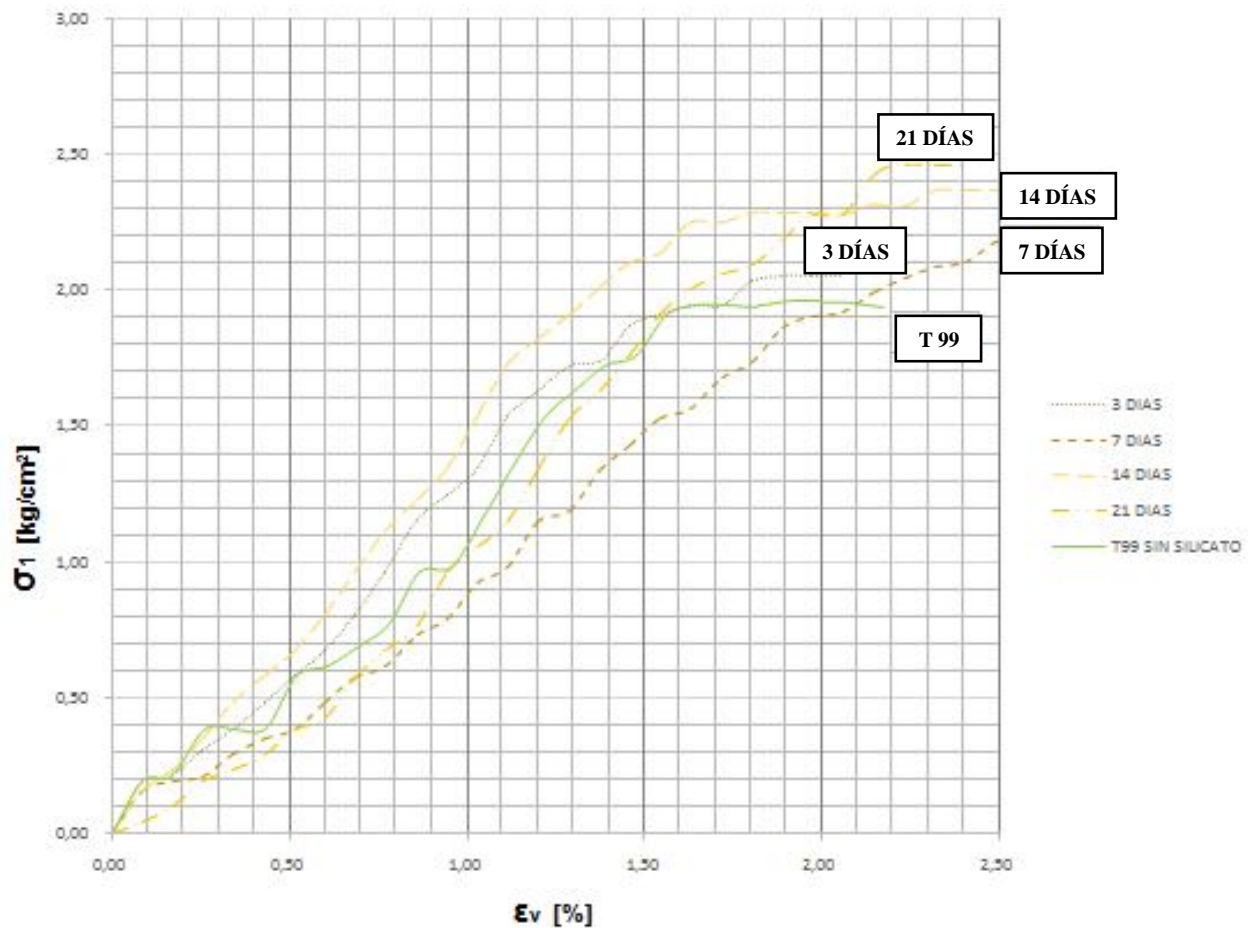


Gráfico V. 12: Compendio de resultado de compresión simple en probetas no saturadas para mezcla 18:1:4 a t=3, 7, 14 y 21 días.



Mezcla 22:1:5

| 22:1:5 | | | | | |
|--------|---------------------------------------|---------------------|----------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------|
| [DIAS] | σ_R [km / cm ²] | ϵ_v [%] | S_U [km / cm ²] | DEFORMACION AL 1 % | |
| | | | | σ_1 % [km / cm ²] | E_1 % [km / cm ²] |
| 3 | 2,43 | 2,06 | 1,22 | 1,30 | 130 |
| 7 | 2,47 | 2,06 | 1,24 | 1,26 | 126 |
| 14 | 2,48 | 1,55 | 1,24 | 1,38 | 138 |
| 21 | 2,19 | 1,63 | 1,10 | 1,17 | 117 |

Tabla V. 5: Resultados obtenidos para la mezcla 22:1:5 con diferentes tiempos de curado.

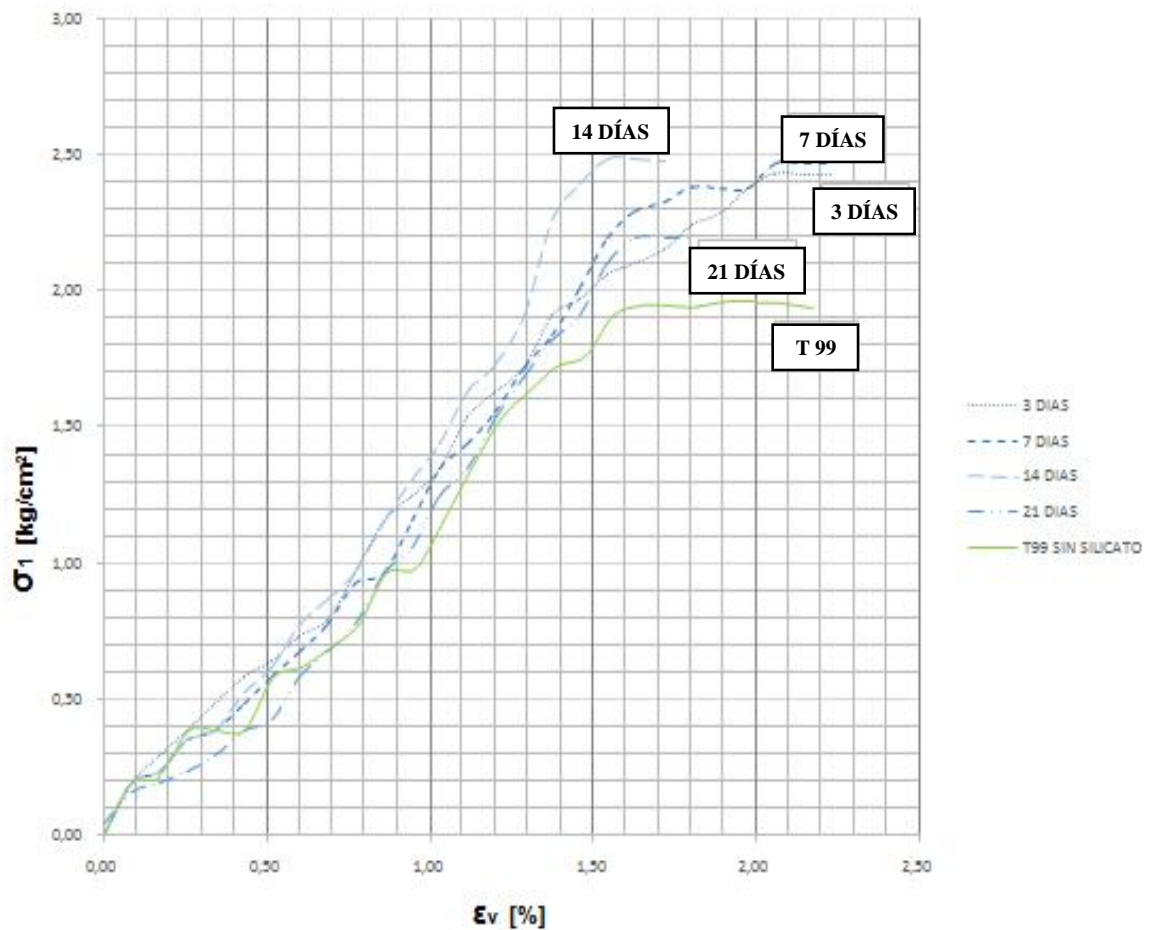


Gráfico V. 13: Compendio de resultado de compresión simple en probetas no saturadas para mezcla 22:1:5 a t=3, 7, 14 y 21 días.



Mezcla 28:1:6

| 28:1:6 | | | | | |
|--------|---------------------------------------|---------------------|----------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------|
| [DIAS] | σ_R [km / cm ²] | ϵ_v [%] | S_U [km / cm ²] | DEFORMACION AL 1 % | |
| | | | | σ_1 % [km / cm ²] | E_1 % [km / cm ²] |
| 3 | 2,38 | 1,63 | 1,19 | 1,70 | 170 |
| 7 | 2,45 | 1,46 | 1,23 | 1,65 | 165 |
| 14 | 2,48 | 1,72 | 1,24 | 1,07 | 107 |
| 21 | 2,46 | 2,41 | 1,23 | 0,75 | 75 |

Tabla V. 6: Resultados obtenidos para la mezcla 28:1:6 con diferentes tiempos de curado.

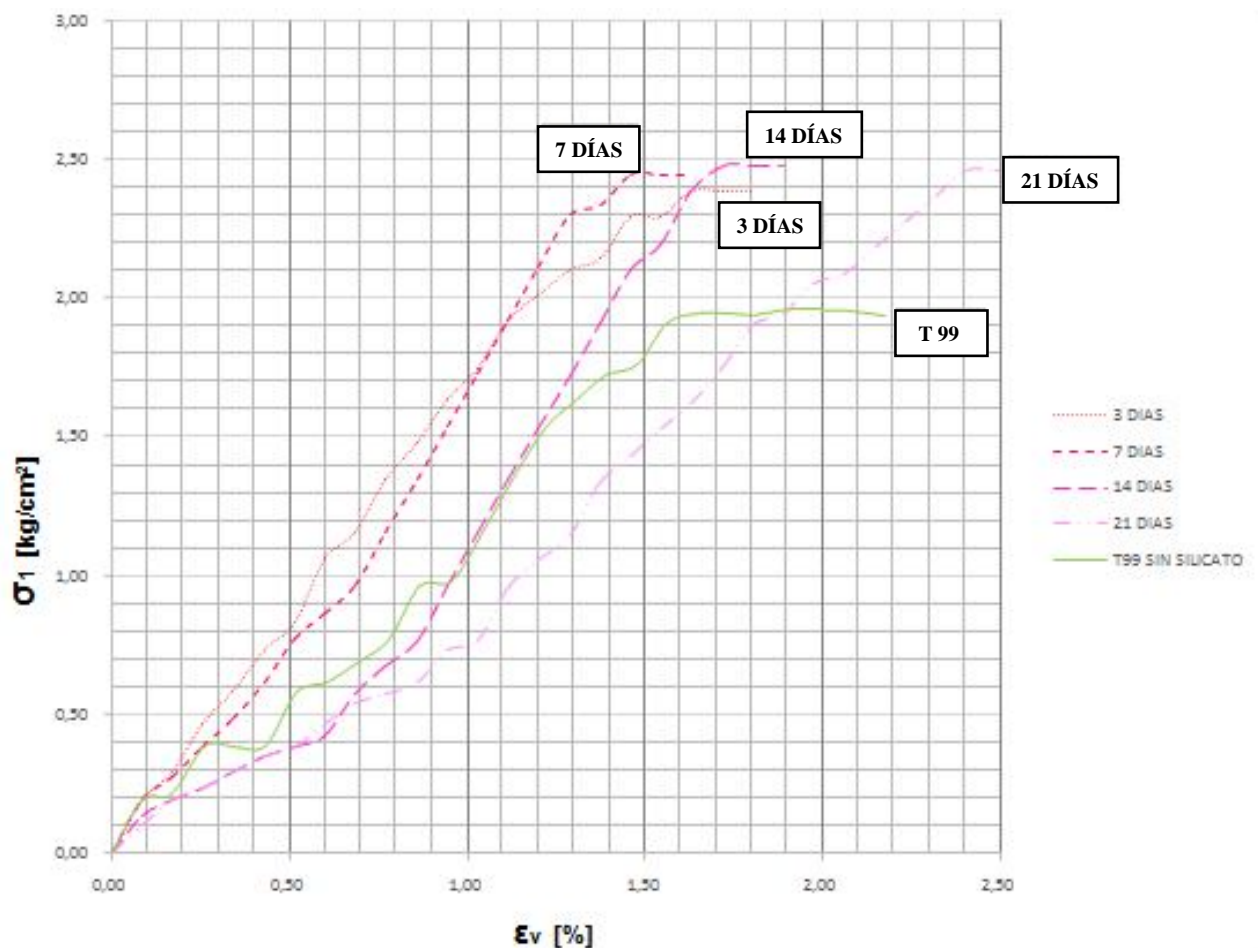


Gráfico V. 14: Compendio de resultado de compresión simple en probetas no saturadas para mezcla 28:1:6 a t=3, 7, 14 y 21 días.



Mezcla 38:1:8

| 38:1:8 | | | | | |
|--------|---------------------------------------|---------------------|----------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------|
| [DIAS] | σ_R [km / cm ²] | ϵ_v [%] | S_U [km / cm ²] | DEFORMACION AL 1 % | |
| | | | | σ_1 % [km / cm ²] | E_1 % [km / cm ²] |
| 3 | 2,69 | 1,55 | 1,35 | 1,68 | 168 |
| 7 | 2,28 | 2,75 | 1,14 | 0,90 | 90 |
| 14 | 2,50 | 0,95 | 1,25 | 2,50 | 250 |
| 21 | 2,49 | 1,03 | 1,25 | 2,43 | 243 |

Tabla V. 7: Resultados obtenidos para la mezcla 38:1:8 con diferentes tiempos de curado.

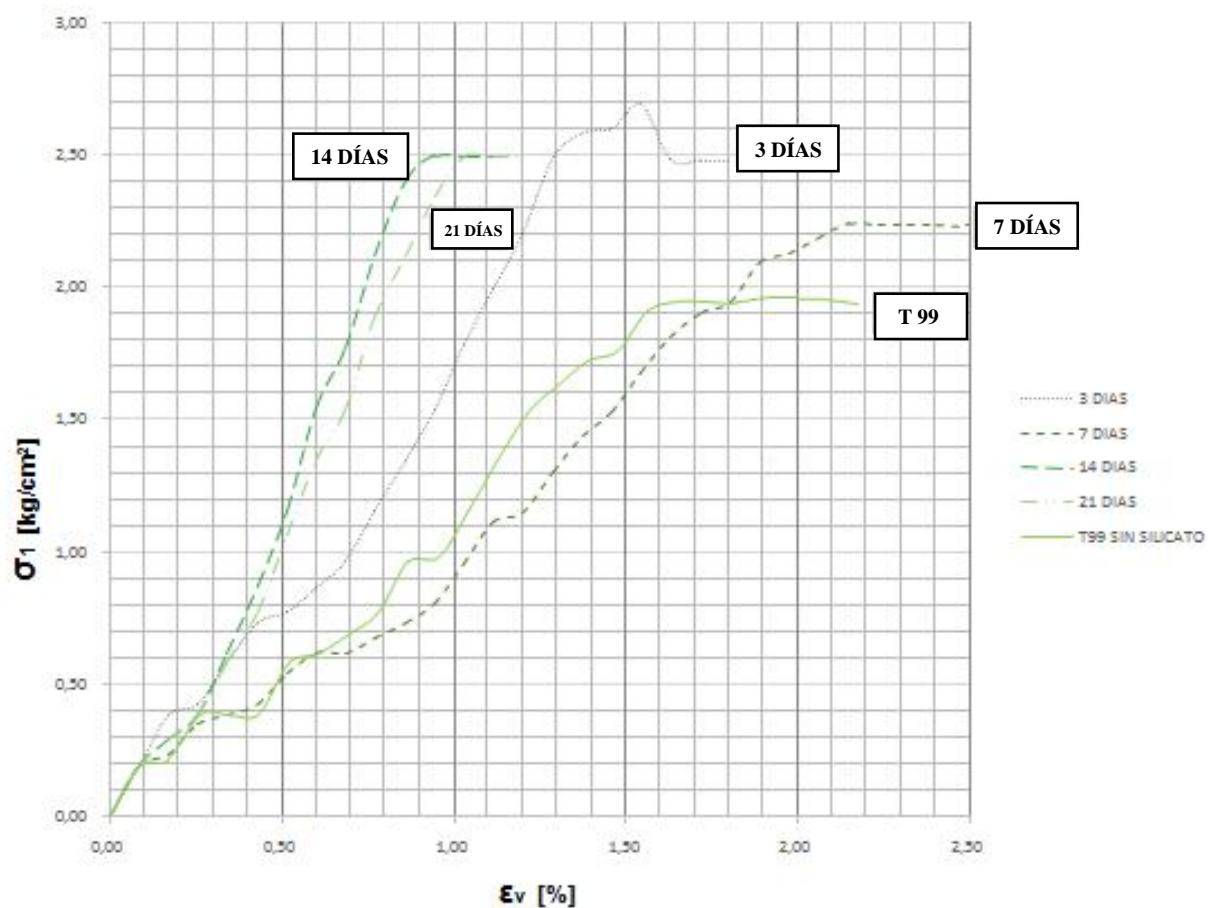


Grafico V. 15: Compendio de resultado de compresión simple en probetas no saturadas para mezcla 38:1:8 a t=3, 7, 14 y 21 días.

Módulo de elasticidad

A continuación se presenta la tabla con los módulos de elasticidad $E_{1\%}$ obtenidos para las diferentes mezclas. (Ver Tabla V.8)

| DÍA | MODULO DE ELASTICIDAD [km / cm ²] | | | | | | |
|-----|---|------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | DOSIFICACIÓN | | | | | | |
| | SUELO NATURAL SIN SILICATO | | MEZCLA | | | | |
| | T99 | T180 | 10:1:2 | 18:1:4 | 22:1:5 | 28:1:6 | 38:1:8 |
| 3 | 107 | 84 | 82 | 130 | 130 | 170 | 168 |
| 7 | 107 | 84 | 204 | 87 | 126 | 165 | 90 |
| 14 | 107 | 84 | 203 | 146 | 138 | 107 | 250 |
| 21 | 107 | 84 | 226 | 102 | 117 | 75 | 243 |

Tabla V. 8: Compendio de resultado de módulo de elasticidad para las diferentes mezclas a t=3, 7, 14 y 21 días.

En el Gráfico V.16 se representa la variación que sufre el módulo de elasticidad en función del tiempo de curado para las diferentes mezclas. (Ver Gráfico V.16)

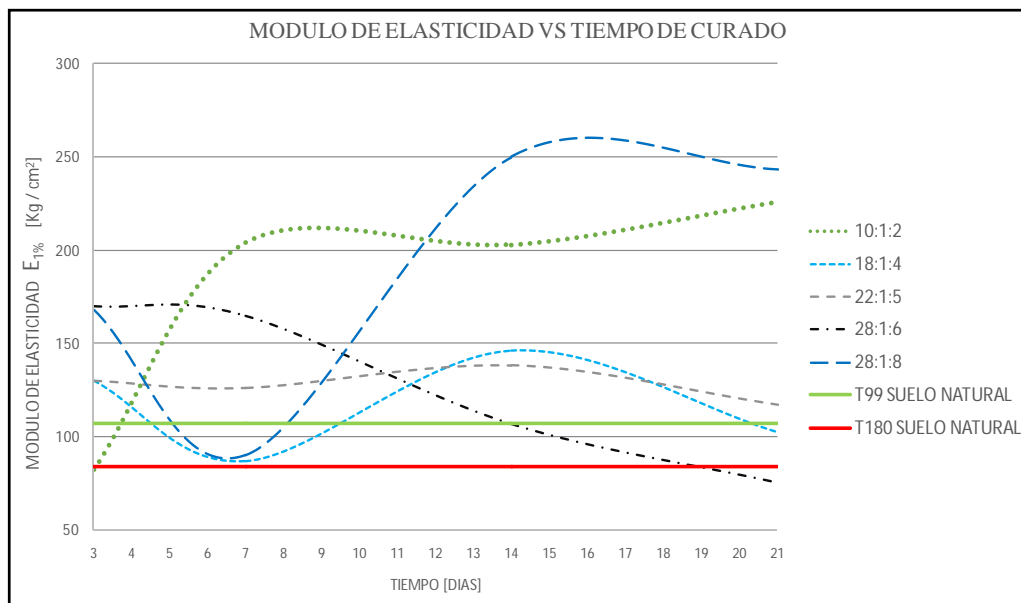


Gráfico V. 16: Variación del módulo de elasticidad en función del tiempo de curado para las diferentes mezclas.



Como se puede observar no se logra distinguir una tendencia clara, sin embargo si se puede apreciar que existe una influencia directa del tiempo de curado en el módulo de elasticidad o sea a la presencia suficiente (o no) de silicato para que con el carbonato de calcio del loess y de lugar a la formación de cristales en el tiempo. Desde ya en esta tesis no será posible estudiar la estabilidad de los micocristales en el tiempo.

Si se analizan los módulos de elasticidad obtenidos con un tiempo de curado de 3 días se observa que los mismos son inversamente proporcionales a la proporción de silicato en la mezcla, es decir, mientras más silicato posee la mezcla menor es el módulo obtenido.

De esta manera se puede presuponer que el tiempo de fraguado está fuertemente relacionado con el contenido de silicato.

Analizando puntualmente cada mezcla tenemos:

- La mezcla 1:2 logra a los 3 días de curado un valor inferior al módulo del suelo sin silicato; se presupone que esto se debe a que a la probeta le falta tiempo de curado. Sin embargo se puede observar que hasta los 9 días logra un incremento muy considerable de casi un 100%, volviéndose asintótico a partir de dicho punto, por lo tanto se podría presuponer que el tiempo de curado óptimo para esta mezcla rondaría entre 7 y 11 días.
- La mezcla 1:4 logra a los 3 días un valor ligeramente superior al módulo del suelo sin silicato. Sin embargo se observa que a los 7 y 21 días el módulo obtenido es menor a del suelo sin silicato. Esto puede deberse a una distribución no uniforme de los carbonatos en la masa del suelo lo que generó la no reacción por parte del silicato.
- La mezcla 1:5 logra a los 3 días un valor ligeramente superior al módulo del suelo sin silicato. Esta mezcla es la que presenta menor variación con el tiempo, siendo su valor máximo a los 14 días.
- La mezcla 1:6 logra a los 3 días el valor más alto de todas las mezclas analizadas. Contrariamente a lo esperado su valor disminuye con el tiempo, esto se atribuye también a que el carbonato de calcio se presenta de formas dispersas en la masa de suelo. Por lo tanto se recomienda una verificación de dichos valores.
- La mezcla 1:8 logra a los 3 días el valor más alto de todas las mezclas analizadas. El módulo sigue aumentando su valor con el aumento del tiempo de curado, siendo el valor más alto el obtenido a 21 días.

Para finalizar el análisis de este parámetro, se concluye que es necesario realizar una mayor cantidad de ensayos por cada dosificación de forma tal de poder obtener tendencias más aproximadas. Sin embargo atendiendo a los resultados obtenidos se puede presuponer que en cuanto al módulo de elasticidad las mezclas mas óptimas son las de 1:2 y 1:8 ya que fueron las que mostraron un claro incremento del mismo.

Tensión máxima

A continuación se presenta la tabla con las tensiones máximas obtenidas para las diferentes mezclas. (Ver Tabla V.9)

| DÍA | TENSION MÁXIMA [kg / cm ²] | | | | | | |
|-----|--|------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | DOSIFICACIÓN | | | | | | |
| | SUELO NATURAL SIN SILICATO | | MEZCLA | | | | |
| | T99 | T180 | 10:1:2 | 18:1:4 | 22:1:5 | 28:1:6 | 38:1:8 |
| 3 | 1,96 | 6,58 | 1,52 | 2,05 | 2,43 | 2,38 | 2,69 |
| 7 | 1,96 | 6,58 | 2,34 | 2,26 | 2,47 | 2,45 | 2,28 |
| 14 | 1,96 | 6,58 | 2,49 | 2,37 | 2,48 | 2,48 | 2,50 |
| 21 | 1,96 | 6,58 | 2,49 | 2,46 | 2,19 | 2,46 | 2,49 |

Tabla V. 9: Compendio de resultado de tensión máxima para las diferentes mezclas a t=3, 7, 14 y 21 días.

En el Gráfico V.17 se representa la variación que sufre tensión máxima en función del tiempo de curado para las diferentes mezclas. (Ver Gráfico V.17)

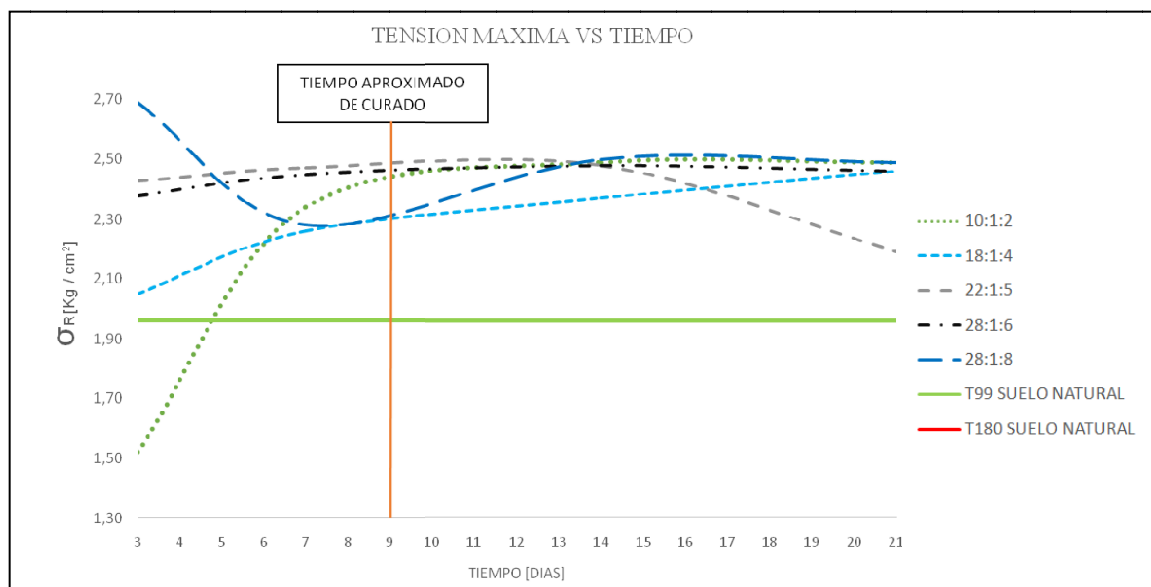


Gráfico V. 17: Variación de la tensión máxima en función del tiempo de curado para las diferentes mezclas.



Analizando la tensión máxima obtenida para las diferentes mezclas se puede observar que la misma aumento en todas las mezclas con respecto a la tensión máxima del suelo natural.

Se distingue fácilmente que el incremento de la tensión máxima en mayor a medida que aumenta el tiempo de curado.

Se observa que a partir de los 9 días las curvas se vuelven asintóticas por lo tanto se presupone que a partir de este momento el incremento en la resistencia de la mezcla es muy baja.

Se puede concluir así que el tiempo de curado aproximado se encuentra aproximadamente en 9 días.

Deformación para la tensión máxima

A continuación se presenta la tabla con las deformaciones (tensiones máximas) obtenidas para las diferentes mezclas. (Ver Tabla V.10)

| DÍA | DEFORMACIÓN PARA LA TENSION MÁXIMA [%] | | | | | | |
|-----|--|------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | DOSIFICACIÓN | | | | | | |
| | SUELO NATURAL SIN SILICATO | | MEZCLA | | | | |
| | T99 | T180 | 10:1:2 | 18:1:4 | 22:1:5 | 28:1:6 | 38:1:8 |
| 3 | 1,91 | 5,18 | 1,89 | 1,89 | 2,06 | 1,63 | 1,55 |
| 7 | 1,91 | 5,18 | 1,29 | 2,75 | 2,06 | 1,46 | 2,75 |
| 14 | 1,91 | 5,18 | 1,20 | 2,32 | 1,55 | 1,72 | 0,95 |
| 21 | 1,91 | 5,18 | 1,20 | 2,23 | 1,63 | 2,41 | 1,03 |

Tabla V. 10: Compendio de resultado de deformación (tensión máxima) para las diferentes mezclas a t=3, 7, 14 y 21 días.

En el Gráfico V.18 se representa la variación que sufre la deformación (tensión máxima) en función del tiempo de curado para las diferentes mezclas. (Ver Gráfico V.18)

Se puede observar que en general todas las mezclas presentaron una menor deformación lo cual resulta en una característica favorable en el mejoramiento de suelos para uso vial. Esta disminución es mayor a medida que aumenta el tiempo de curado.

Cabe destacar que las mezclas 10:1:2 y 22:1:5 fueron las que mostraron un comportamiento más claro ya que fueron disminuyendo la deformación a medida que aumenta el tiempo de curado.

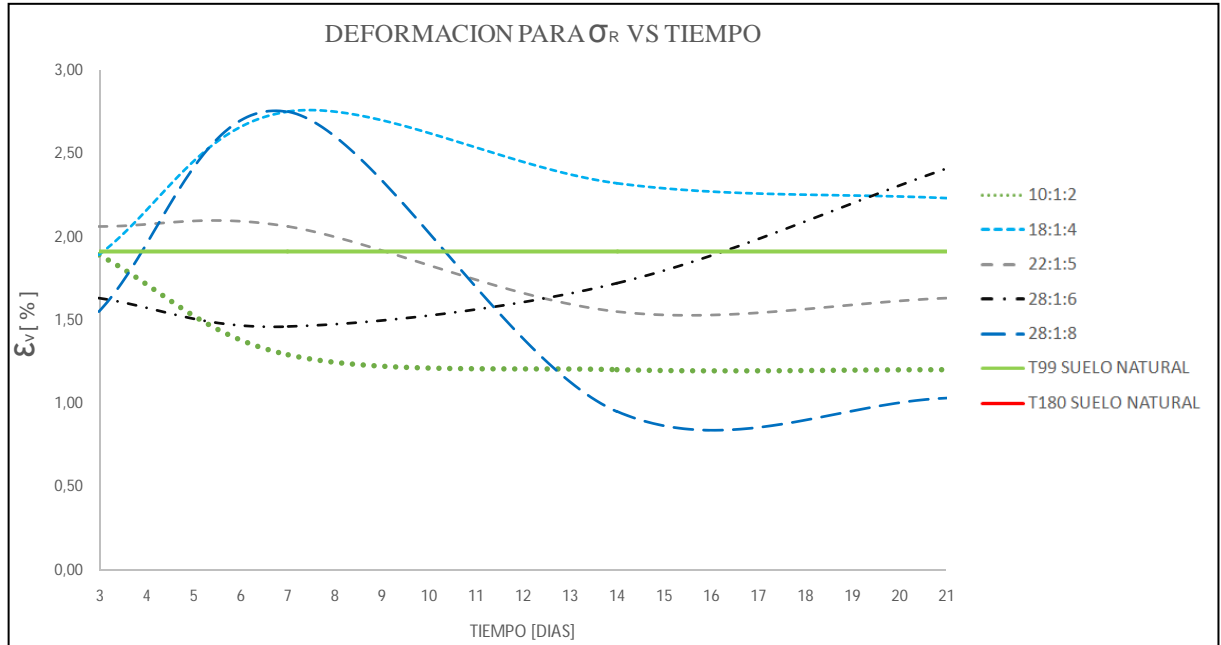


Grafico V. 18: Variación de la deformación (tensión máxima) en función del tiempo de curado para las diferentes mezclas.

Tensión de corte

A continuación se presenta la tabla con las tensiones de corte obtenidas para las diferentes mezclas. (Ver Tabla V.11)

| DÍA | TENSIÓN DE CORTE [km / cm ²] | | | | | | |
|-----|--|-------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | DOSIFICACIÓN | | | | | | |
| | SUELO NATURAL SIN SILICATO | | MEZCLA | | | | |
| | T99 | T180 | 10:1:2 | 18:1:4 | 22:1:5 | 28:1:6 | 38:1:8 |
| 3 | 0,980 | 3,290 | 0,760 | 1,025 | 1,215 | 1,190 | 1,345 |
| 7 | 0,980 | 3,290 | 1,170 | 1,130 | 1,235 | 1,225 | 1,140 |
| 14 | 0,980 | 3,290 | 1,245 | 1,185 | 1,240 | 1,240 | 1,250 |
| 21 | 0,980 | 3,290 | 1,245 | 1,230 | 1,095 | 1,230 | 1,245 |

Tabla V. 11: Compendio de resultado de tensión de corte para las diferentes mezclas a t=3, 7, 14 y 21 días.



En el Gráfico V.19 se representa la variación que sufre tensión de corte en función del tiempo de curado para las diferentes mezclas. (Ver Gráfico V.19)

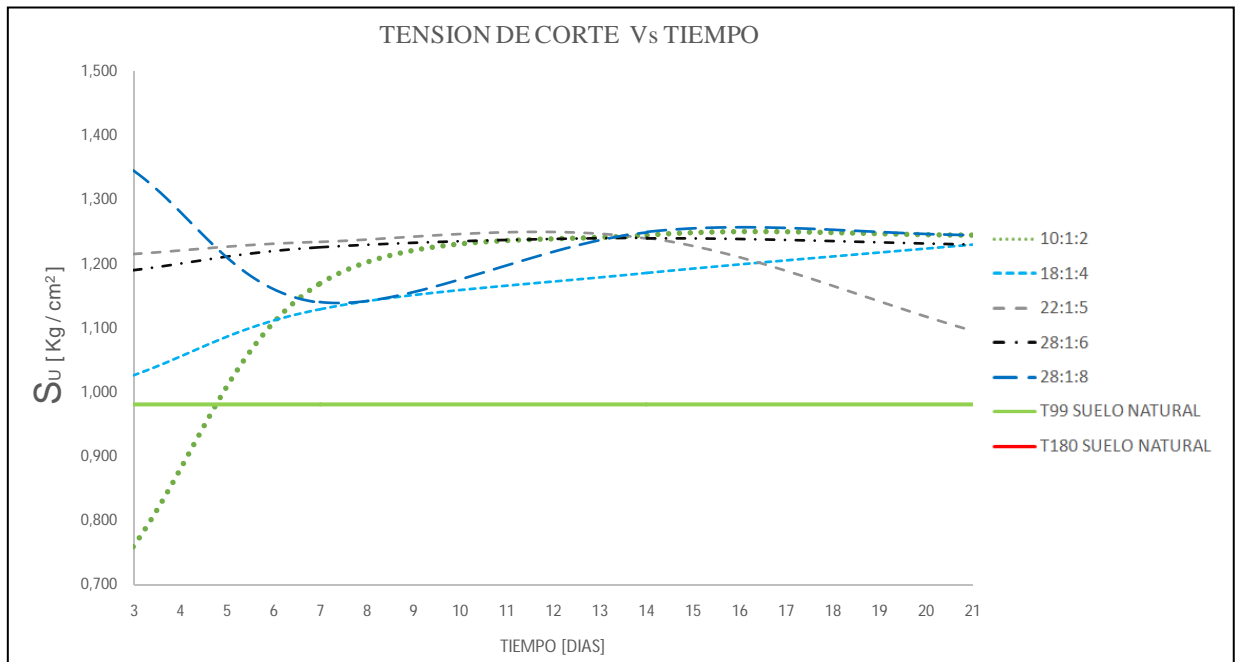


Gráfico V. 19: Variación de la tensión de corte función del tiempo de curado para las diferentes mezclas

En cuanto a la tensión de corte se puede mencionar lo mismo que lo dicho para la tensión máxima ya que la tensión de corte es igual a la mitad de la tensión máxima.

Para una mayor claridad y a modo de resumen del presente ensayo se decidió realizar un gráfico de cuádruple entrada en el cual se muestre los máximos valores de $E_{1\%}$ (módulo de elasticidad) obtenidos para las distintas mezclas junto con su correspondiente tensión de rotura y tiempo de curado. (Ver Gráfico V.20)

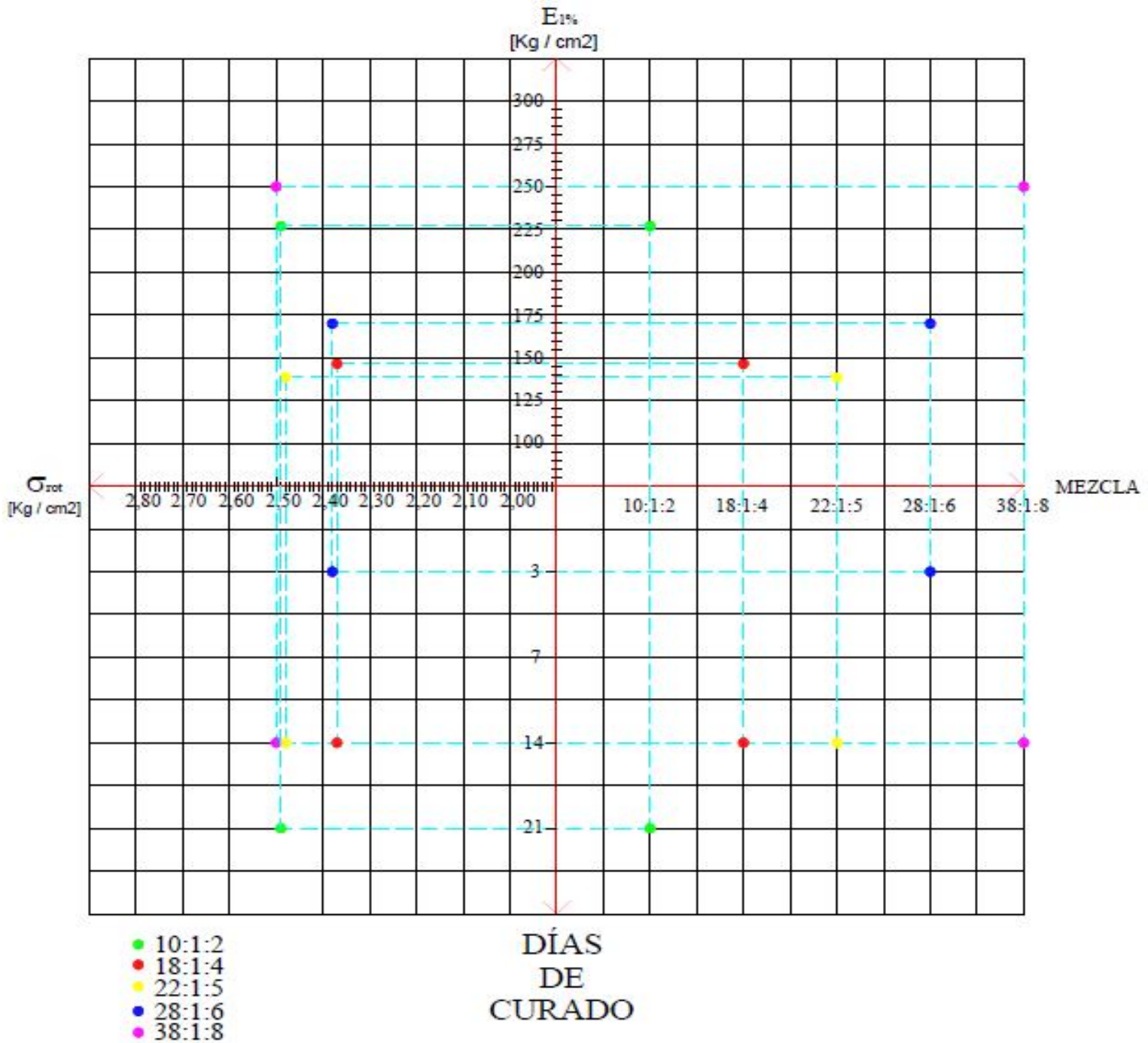


Gráfico V. 20: Correlación módulos de elasticidad.



En la Tabla V.12 se realiza una valoración de resultados de las diferentes mezclas teniendo en cuenta los principales parámetros analizados.

En función de la valoración más rankeada se determinó cuáles serían las dosificaciones más viables.

| Nº | Parámetros analizados | 10:1:2 | 18:1:4 | 22:1:5 | 28:1:6 | 38:1:8 |
|----|---------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 1 | Densidad seca máxima | | | | | X |
| 2 | Índice de plasticidad | X | X | X | | |
| 3 | Coefficiente de uniformidad | X | | | | |
| 4 | Coefficiente de curvatura | X | X | | X | |
| 5 | Módulo de elasticidad al 1% | X | | X | | X |
| 6 | Tensión a compresión simple | X | | X | | |
| 7 | Deformación a compresión simple | X | | X | | X |
| | PUNTUACIÓN | 6 | 2 | 4 | 1 | 3 |

Tabla V. 12: Puntuación de las diferentes mezclas en función de los parámetros analizados.

Como se puede observar en la Tabla V.12 las mezclas más óptimas son 10:1:2 Y 22:1:5. Se procedió a seguir con el estudio tenso-deformacional de las mezclas óptimas establecidas mediante la realización del ensayo CBR con hinchamiento. Los tiempos de hinchamiento serán de 4 días como lo indica la normativa del ensayo y a los 11 días, el cual es el tiempo en el que el silicato ha reaccionado de manera integral para determinar finalmente la dosificación óptima.



V.3.e. - CBR (California Bearing Ratio)

A continuación se presentan los resultados obtenidos en el ensayo CBR con hinchamiento (California Bearing Ratio) ejecutado sobre las mezclas (10:1:2 y 22:1:5). (Ver planillas individuales en Anexo B)

Posteriormente se procede a hacer una comparación de los resultados con los obtenidos en el mismo ensayo sobre suelo natural sin silicato de sodio.

Ambas mezclas fueron ensayadas con 4 y 11 días de hinchamiento. (Ver Tabla V.13; Ver Gráfico V.21; Ver Tabla V.14; Ver Gráfico V.22) se recuerda que la intención de dejar más tiempo en el proceso de hinchamiento (o sea 11 días y no 4 días) es para procurar incrementar el proceso de cristalización esperado entre el silicato y el carbonato de calcio disperso en la matriz del loess. Esta cristalización puede continuar durante años según antecedentes bibliográficos consultados.



| RESULTADOS CBR CON HINCHAMIENTO | | | | | | |
|---------------------------------|-------------------------------------|-------------------|-------------------------------------|-------------------|-------------------------------------|-------------------|
| Suelo natural | | | 10:1:2 | | 22:1:5 | |
| Penetración [mm] | Presión [Kg / cm ²] | Indice CBR [%] | Presión [Kg / cm ²] | Indice CBR [%] | Presión [Kg / cm ²] | Indice CBR [%] |
| 2,5 | 1,04 | 2,00 | 8,69 | 12,35 | 5,65 | 8,03 |
| 5,0 | 2,43 | 3,45 | 13,47 | 19,14 | 9,12 | 12,96 |
| 7,5 | 3,70 | 5,25 | 16,945 | 24,08 | 12,6 | 17,90 |
| 10,0 | 4,52 | 6,42 | 20,42 | 29,01 | 14,34 | 20,38 |
| 12,5 | 5,96 | 8,46 | 23,46 | 33,33 | - | - |

Tabla V. 13: Compendio de resultados de índice CBR a 4 días de hinchamiento.

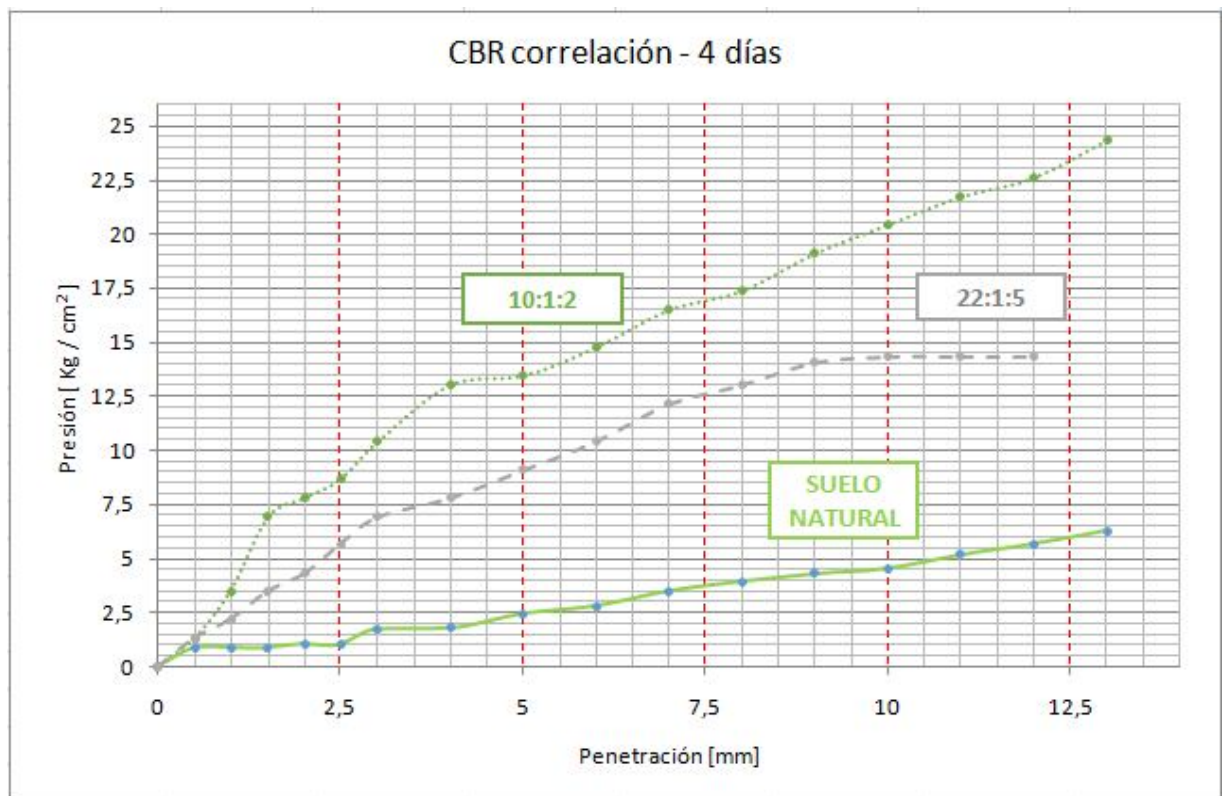


Gráfico V. 21: Correlación de los distintos valores de CBR para las diferentes mezclas analizadas.



| RESULTADOS CBR CON HINCHAMIENTO 11 DÍAS | | | | | | |
|---|-------------------------------------|-------------------|-------------------------------------|-------------------|-------------------------------------|-------------------|
| Suelo natural | | | 10:1:2 | | 22:1:5 | |
| Penetración [mm] | Presión [Kg / cm ²] | Indice CBR [%] | Presión [Kg / cm ²] | Indice CBR [%] | Presión [Kg / cm ²] | Indice CBR [%] |
| 2,5 | 1,04 | 2,00 | 11,3 | 16,06 | 5,65 | 8,03 |
| 5 | 2,43 | 3,45 | 3,48 | 4,94 | 13,03 | 18,51 |
| 7,5 | 3,70 | 5,25 | - | - | 16,21 | 23,03 |
| 10 | 4,52 | 6,42 | - | - | 16,34 | 23,22 |
| 12,5 | 5,96 | 8,46 | - | - | - | - |

Tabla V. 14: Compendio de resultados de índice CBR a 11 días de hinchamiento.



Gráfico V. 22: Correlación de los distintos valores de CBR para las diferentes mezclas analizadas.



Haciendo un análisis de los resultados obtenidos se puede decir:

- Considerando los resultados obtenidos a los 4 días, la mezcla 10:1:2 presentó un incremento del 617,5% del valor $CBR_{2,5mm}$ con respecto al suelo natural mientras que la mezcla 22:1:5 un aumento del 401,5%
- Considerando los resultados a 11 días se observa que la mezcla 10:1:2 sigue incrementando su valor $CBR_{2,5mm}$, siendo el mismo aproximadamente un 803% mayor que el obtenido para el suelo natural, esto hace presuponer que a los 4 días la mezcla no termina el proceso de fraguado o cristalización. Por otro lado la mezcla 22:1:5 no sufren incremento alguno respecto de los resultados obtenidos a los 4 días, es decir mantiene un aumento del ~401,5% respecto del suelo natural.

A modo de cierre del análisis realizado se presenta un gráfico de cuádruple entrada en el cual se muestran los principales parámetros analizados de las dos mezclas consideradas como más apropiadas para su utilización. (Ver Gráfico V.23)

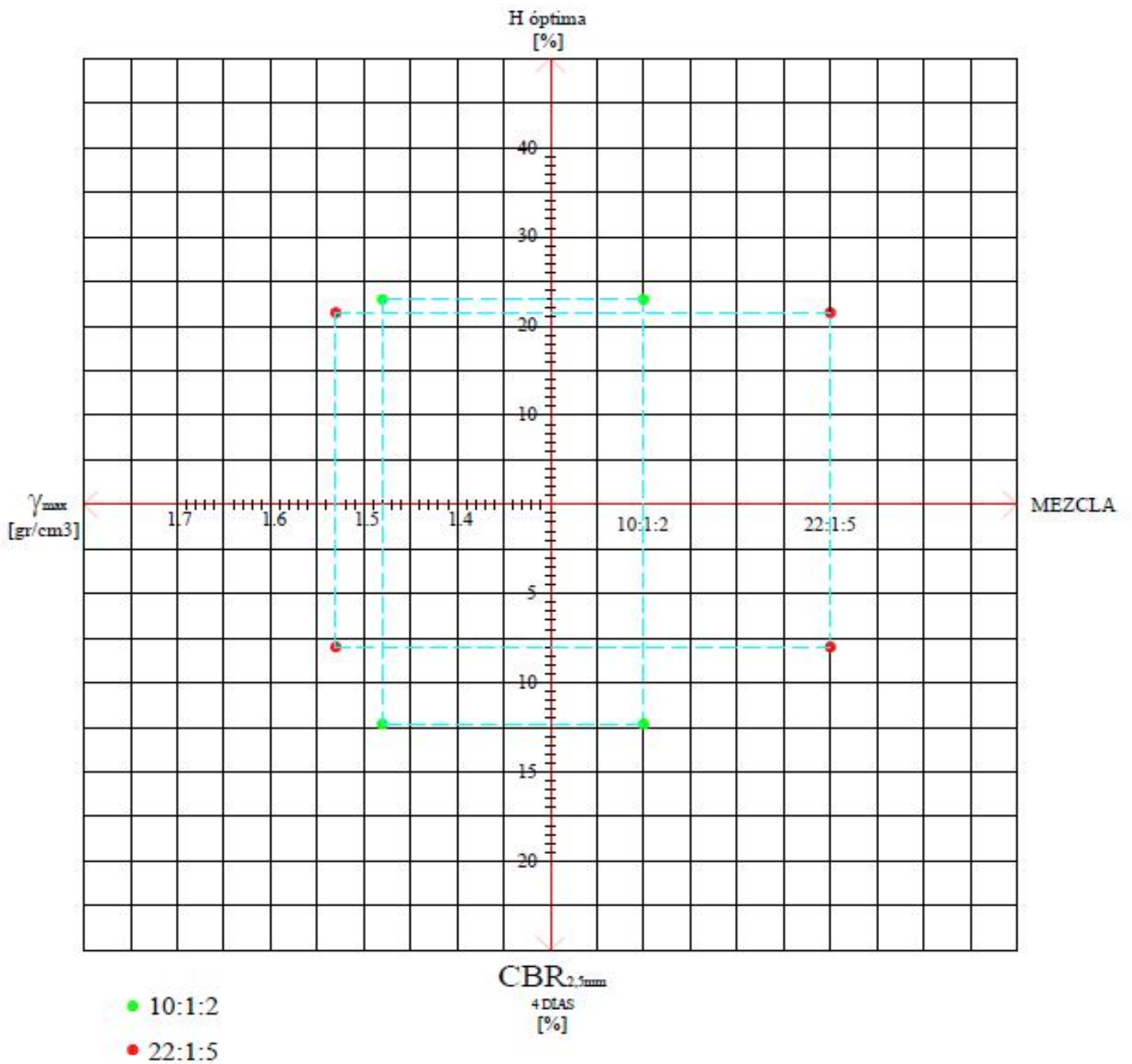


Gráfico V. 23: Correlación de los principales parámetros de las mezclas 10:1:2 y 22:1:5.



CAPITULO VI

APLICACIONES



VI. - APLICACIONES

VI.1.- DISEÑO DEL PAQUETE ESTRUCTURAL

Se propone a modo aplicativo, el diseño de un paquete estructural correspondiente a un camino rural o camino de tierra (Tipo V) de las siguientes características geométricas. (Ver Tabla VI.1)

| CAMINO | | CARACTERÍSTICAS BÁSICAS | | | DISTANCIA VISUAL MÍNIMA | | | PLANIMETRÍA | | | | | |
|-------------|-----------|-------------------------|----------------|----------------------------|-------------------------|--------------------|----------|--------------------------|--------------|--------------------------|--------------|---------------------------|--------------|
| | | | | | | | | Radios mínimos (emax 6%) | | Radios mínimos (emax 8%) | | Radios mínimos (emax 10%) | |
| Tipo | Categoría | Control de Accesos | N° de Carriles | Velocidad Directriz [Km/h] | Detención [m] | Adelantamiento [m] | Decisión | Desable [m] | Absoluto [m] | Desable [m] | Absoluto [m] | Desable [m] | Absoluto [m] |
| Bajo Column | V | Sin Control | 2 | 50 | 63 | 330 | 150 | 290 | 90 | 220 | 85 | 175 | 75 |

| SECCIÓN TRANSVERSAL | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------|------------------|-----------|-----------|--------------------|--------------------|-------------|-----------|-----------|-----------------------|--------------------|---------------------------------|--------------------------------------|--------------------|
| ANCHO DE CORONAMIENTO | | | | | | | | | TALUD TERRAPLÉN [V:H] | ZONA DESPEJADA [m] | NIVEL DE PRUEBA DE BARRERA [TL] | ANCHO PUENTE ENTRE GUARDA-RUEDAS [m] | ZONA DE CAMINO [m] |
| CALZADA [m] | BANQUINA EXTERNA | | | MEDIANA | | | | TOTAL [m] | | | | | |
| | C/PAV [m] | S/PAV [m] | TOTAL [m] | BAN.INT. C/PAV [m] | BAN.INT. S/PAV [m] | CANTERO [m] | TOTAL [m] | | | | | | |
| 6,7 | - | 2 | 2 | - | | | | 10,7 | ≤1:4 | 3 | 2 | 10,7 | 50 |

Tabla VI. 1: Características geométricas.

En la figura se detalla el perfil correspondiente a un camino de dichas características, especificando también las capas correspondientes, el tipo de material según el SUCS, espesores y el módulo de elasticidad a partir de una ampliación en detalle. (Ver Figura VI.1)

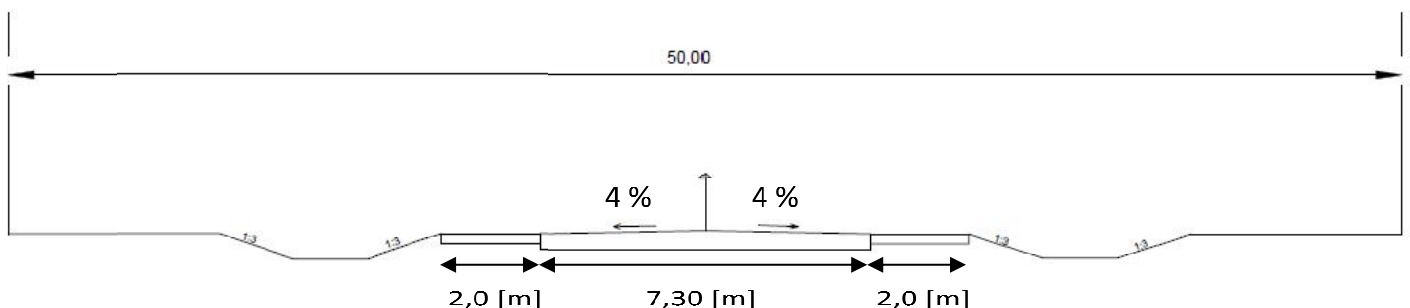


Figura VI. 1: Perfil transversal tipo.



Para el diseño del paquete estructural del camino de tierra se consideraran las siguientes mezclas:

- 10:1:2
- 22:1:5

Esto se hizo atendiendo a los resultados de los ensayos anteriormente ejecutados.

VI.2.- DETERMINACION DEL ASENTAMIENTO O AGUILLAMIENTO ELASTICO PUNTUAL

Para el cálculo del asentamiento que genera el peso de los vehículos que circulan sobre la estructura, se utilizará el programa SCHMERT VERSION 1.0 “Settelment of Spread Footing son Cohesionless Soils Using Schmertmann’s Method (1994).

El método de Schmertmann (1970) y Schmertmann et al. (1978), se fundamenta esencialmente en dividir el suelo bajo la cimentación en capas calculando el asentamiento elástico (S) sumando las deformaciones ocurridas en cada una de las distintas capas por debajo de la zona de contacto. Para evaluar la deformación en las capas se considera un aumento de la presión efectiva Δq , el factor de influencia por deformación (IZ), el módulo de elasticidad del loess E y el espesor de cada una de la dosificación óptima suelo-silicato.

En representación de un vehículo pesado se utilizó una aplanadora tipo según la DNV (Ver Figura VI.2) cuyo peso total e individual por rodillo se explicitan en la tabla a continuación (Ver Tabla VI.2).

| PESOS APLANADORA TIPO | |
|------------------------|-----|
| Peso Total [Tn] | 30 |
| Rodillo Delantero [Tn] | 13 |
| Rodillo Trasero [Tn] | 8,5 |

Tabla VI. 2: Pesos totales y por rodillo de aplanadora tipo.

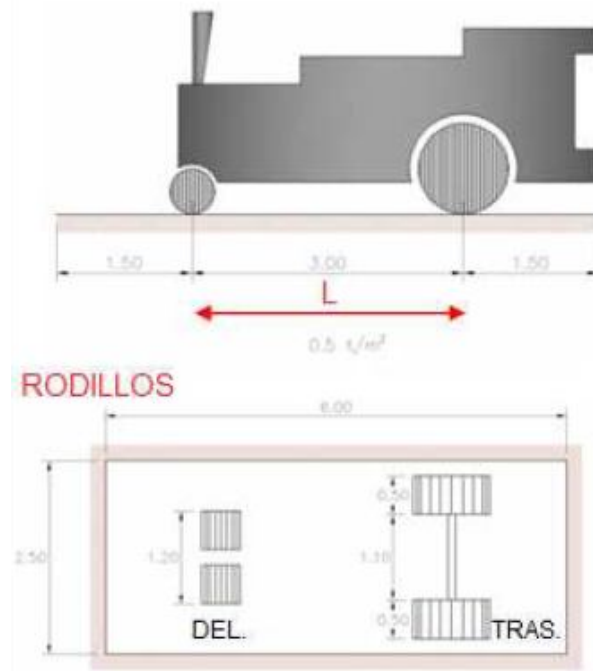


Figura VI. 2: Aplanadora tipo.

Se ejecutó el programa considerando las dos mezclas que mejores resultados presentaron frente a la adición del silicato.

Luego, se cargaron todos los datos requeridos en función de las características de la carga aplicada sobre la calzada (rodillo delantero y trasero), y los parámetros de la capa a ser estabilizada tales como módulo de elasticidad $E_{1\%}$, espesor, etc. Cabe aclarar que los valores de módulo de elasticidad adoptados $E_{1\%}$ fueron de 7, 14 y 21 días para terminar de clasificar el proceso de cristalización del silicato de sodio con el carbonato de calcio disperso en el loess.

Se considera una carga puntual aplicada en el centro de cada rodillo (trasero y delantero). La longitud de ambos ejes se denomina L. Para la superficie de contacto se consideró la impronta de los rodillos tipo rectangular.

Como resultado, el programa arrojó los siguientes asentamientos (mm) para las distintas situaciones estudiadas. (Ver Tabla VI.3)

Para más detalle ver planilla de resultados en Anexo C.



| MEZCLA | TIEMPO DE CURADO [días] | MÓDULO DE ELASTICIDAD [Kg/cm ²] | ASENTAMIENTO [mm] | | DISTORSIÓN Ang.= δ/L L=3 [m] |
|--------|-------------------------|---|-------------------|---------|--|
| | | | DELANTERO | TRASERO | |
| 10:1:2 | 7 | 204 | 18,53 | 12,37 | 2,053 |
| | 14 | 203 | 18,62 | 12,43 | 2,063 |
| | 21 | 226 | 16,73 | 11,17 | 1,853 |
| 22:1:5 | 7 | 126 | 29,74 | 19,77 | 3,323 |
| | 14 | 138 | 27,15 | 18,05 | 3,033 |
| | 21 | 117 | 32,02 | 21,29 | 3,577 |

Tabla VI. 3: Asentamientos.

Sowers (1962) estableció los asentamientos máximos admisibles para terraplenes constructivos habitacionales, los cuales, se encuentran detallados en la tabla a continuación. (Ver Tabla VI.4) desde ya podrían existir otros valores admisibles para paquetes viales nacionales pero se desconocen.



| ASENTAMIENTO ADMISIBLE | | |
|---|--|---------------------------|
| TIPO DE MOVIMIENTO | FACTOR LIMITATIVO | ASENTAMIENTO MÁXIMO |
| Asentamiento total | Drenaje | 6"-12" |
| | Acceso | 12"-24" |
| | Probabilidad de asentamiento no uniforme | |
| | Estructuras con muros de mampostería | 1"-2" |
| | Estructuras reticulares | 2"-4" |
| | Chimeneas, silos, placas | 3"-12" |
| Inclinación o giro (w) | Estabilidad frente al vuelco | Depende de altura y ancho |
| | Inclinación de chimeneas y torres | 0,004 long. |
| | Rodaduras de camiones | 0,01 long. |
| | Almacenamiento de mercancías | 0,01 long. |
| | Funcionamiento de máquinas, telares de algodón | 0,03 long. |
| | Funcionamiento de máquinas turbogeneradoras | 0,0002 long. |
| | Puentes de carriles de grúas | 0,003 long. |
| | Drenaje de pisos | 0,01-0,02 long. |
| Asentamiento diferencial | Muros de ladrillos continuos y elevados | 0,0005-0,001 long. |
| | Edificios de una planta, fisuración de muros de ladrillo | 0,001-0,002 long. |
| | Enlucidos fisurables (yeso) | 0,001 long. |
| | Edificios aporricados de concreto armado | 0,0025-0,004 long. |
| | Edificios con muros de concreto armado | 0,003 long. |
| | Edificio con pórticos continuos de acero | 0,002 long. |
| | Edificios con pórticos simples de acero | 0,005 long. |
| Long=L=distancia entre columnas adyacentes con asentamientos diferentes o entre dos puntos cualesquiera con asentamiento diferencial | | |
| Los valores más elevados son para asentamientos homogéneos y estructuras más tolerantes. Los valores inferiores corresponden a asentamientos irregulares y estructuras delicadas. | | |

Tabla VI. 4: Asentamientos admisibles (Sowers).



VI.3.- COMPUTO MÉTRICO

Con el objeto de obtener un costo aproximado por kilómetro del paquete estructural vial del camino de tierra analizado en el campus de UCC, se realizó el cómputo métrico del mismo.

En la Tabla VI.5 a continuación se explicitan los distintos ítems que fueron tenidos en cuenta para el cálculo. Se computaron tanto los materiales a utilizar como así también la maquinaria necesaria para realizar las distintas tareas.

| COSTO POR KILÓMETRO | | | | |
|------------------------|--|--------|-----------------|--------------|
| Ítem | Cantidad | Unidad | Precio Unitario | Total |
| Limpieza de terreno | 0.8 | ha | \$ 27739 | \$ 22.191,00 |
| Rodillo Compactador | 7 | Día | \$ 850,00 | \$ 5.950,00 |
| Alquiler Minicargadora | 7 | Día | \$ 2.500,00 | \$ 17.500,00 |
| Silicato | 197 | Lt | \$ 9,71 | \$ 1.912,00 |
| | Subtotal Materiales (IVA incluido) | | | \$ 47.553,00 |
| Mano de Obra | Estimado como el 50% del valor de los materiales | | | \$ 23.775,50 |
| Desperdicio | Estimado como el 10% del valor de los materiales | | | \$ 2.535,20 |
| | TOTAL | | | \$ 73.863,70 |

Tabla VI. 5: Pesos totales y por rodillo de aplanadora tipo.

Teniendo el costo aproximado por km, y sabiendo que el camino del campus UCC tiene una longitud aproximada de 220 metros de longitud se puede estimar el costo de ejecución del paquete estructural considerado; siendo el mismo de ~16.250 \$. (Ver Figura II.3)

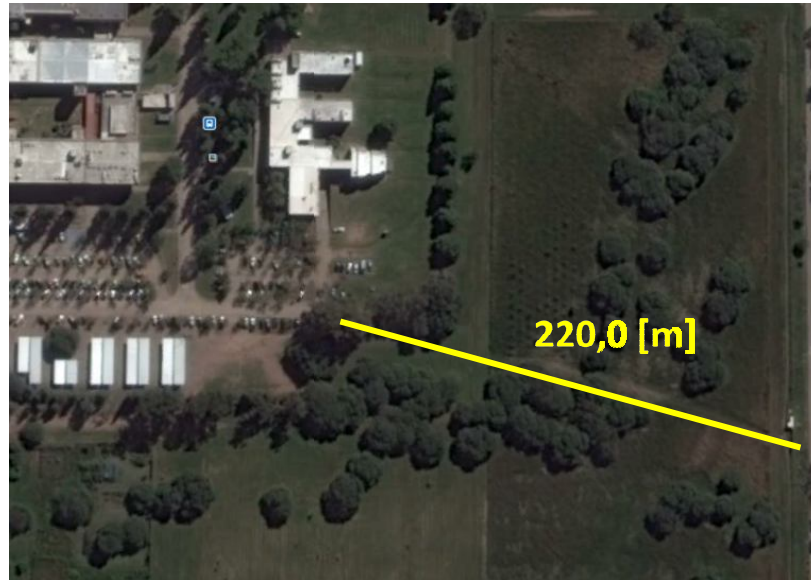


Figura VI. 3: Traza tentativa de camino de tierra auxiliar en campus UCC.

A modo informativo según revista El Constructor edición 4978 (costos de obras viales) de 23 junio 2014, el costo aproximado por km ronda los 4.294.866 \$. Estos costos son acordes a un paquete estructural como el que se muestra en la Figura VI.3.

Perfil tipo de la estructura de pavimento

1. Carpeta de rodamiento tipo concreto asfaltico en 7,30 (m) de ancho y 0,06 (m) de espesor.
2. Riego de liga en 11,3 (m) de ancho.
3. Base de concreto asfaltico en 7,42 (m) de ancho y 0,07 (m) de espesor.
4. Riego de liga en 7,42 (m) de ancho.
5. Riego de imprimación en 7,56 (m) de ancho.
6. Base estabilizada granular en 7,56 (m) de ancho y 0,15 (m) de espesor.
7. Riego de imprimación en 7,86 (m) de ancho.
8. Sub base de suelo seleccionado de 0,20 (m) de espesor y 7,86 (m) de ancho.



9. Banquina pavimentada de concreto asfaltico de 2 (m) de ancho y 0,06 (m) de espesor.
10. Suelo seleccionado de 0,22 (m) de espesor y 2,1 (m) de ancho.
11. Banquinas de suelo
12. Terraplén con compactación especial.

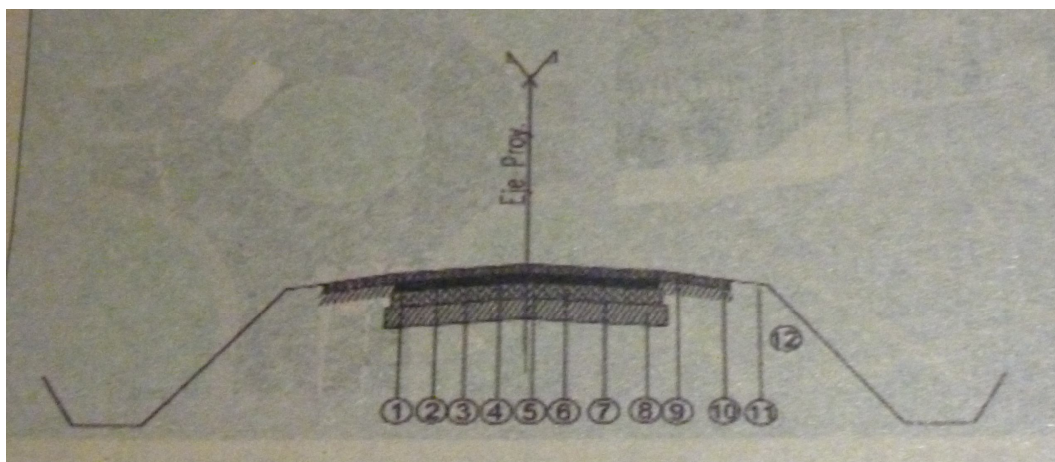


Figura VI. 4: Perfil tipo de la estructura de pavimento.



CAPITULO VII

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL



VII. - ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

VII.1.- ASPECTOS GENERALES

La zona de interés de este estudio se limita al predio de la Universidad Católica de Córdoba (Sede Campus), ubicado en la Av. Armada Argentina 3555 (camino a Alta Gracia km. 7 1/2), Ciudad de Córdoba, provincia de Córdoba, Argentina.

La obra a estudiar consiste en la construcción de un camino interno de circulación dentro del predio de la UCC.

VII.2.- ASPECTOS FÍSICOS

VII.2.a. - Clima

Pese a su latitud, el clima de la ciudad de Córdoba, como el de la mayor parte de la provincia, es templado moderado con las cuatro estaciones bien definidas. En términos generales el clima es pampeano, de inviernos no muy fríos y poco lluviosos. Los veranos son húmedos, con días calurosos y noches frescas. Los vientos del este y del oeste son raros, de corta duración y poca intensidad. En primavera soplan con fuerza creciente principalmente del norte y el noreste a medida que un centro de depresión ciclónica se define en el frente polar. En el verano frecuentemente se producen tormentas eléctricas e incluso granizo.

Factores para que la temperatura sea en promedio más fresca que en otros sitios del planeta a latitudes semejantes son: la altitud y, sobre todo, el ubicarse la provincia en la diagonal eólica de los vientos pamperos, vientos fríos que soplan desde el cuadrante sudoeste, originados en la Antártida.

Por otra parte, dada la mediterraneidad, las variaciones o amplitudes térmicas son mayores que en la costa atlántica, siendo además menor la precipitación anual, de alrededor de 800 mm/año. Su temperatura media anual ponderada en todo el siglo XX fue de 18 °C. En enero, mes más cálido del verano austral, la máxima media es de 31 °C y la mínima de 17 °C. En julio, mes más frío, las temperaturas medias son de 19 °C de máxima y 4 °C de mínima. Aún en invierno son frecuentes días algo cálidos, debido a la influencia del viento Zonda.¹⁹ Las nevadas son poco frecuentes, las últimas se registraron en 1984, 2007 y 2009.^{20 21} Por su parte, los tornados si bien son un evento climático poco común en esta zona del planeta, también se han registrado, como el de 2003.²²

Dada la extensión del conurbado, existe una diferencia de 5 °C ó más entre el área céntrica y la periferia. El área céntrica, densamente edificada y



ubicada en una depresión, es el núcleo de una importante isla de calor. Además presenta fenómenos de esmog, sin consecuencias para la salud.

VII.2.b. - Aire

Según datos del Observatorio ambiental, la contaminación del aire en la ciudad varía entre bajo y moderado. El mayor responsable de la misma es el monóxido de carbono.

En 2008 una investigadora de la Universidad Nacional de Córdoba analizó 359 puntos de la ciudad. Encontró que en 320 la calidad del aire era mala o muy mala, en 5 era buena. El método de estudio fue analizar las especies de líquenes que proliferan. Si se comparan estos resultados con un estudio realizado en 1998 en tres puntos de la ciudad, la mitad de las especies desaparecieron. Los puntos críticos son dos: los más transitados y el noreste donde el uso de pesticidas en el Cinturón Verde es importante, en ellos no se registran líquenes.

VII.2.c. - Agua

En 2007, el consumo promedio era de 335,8 litros de agua por día por habitante, mientras que en 2010 se redujo a 292 litros. Para determinar el impacto de las actividades diarias de la ciudad, sobre la calidad del agua del río Suquía y el nivel de adecuación del mismo para su uso (consumo, riego, recreación), se realiza el monitoreo y análisis de sus aguas. Esto permite establecer criterios de calidad e identificar áreas críticas.

VII.2.d. - Suelos

Los suelos loésicos se hallan distribuidos en una gran superficie del planeta y prácticamente en todos los continentes, sus características dependen de la edafogénesis y en general se encuentran en climas áridos o semiáridos.

En Sudamérica se hallan principalmente concentrados en la zona central de Argentina en correspondencia con la provincia de Córdoba, al oeste de las Sierras Pampeanas originadas durante el plegamiento de la Cordillera de los Andes, cordón montañoso que define las principales áreas morfológicas de la región gobernando la ubicación de los principales depósitos de loess.

La morfología de estos loess cuaternarios, es similar a los del resto del mundo, sedimentados en estratos con espesores que varían entre 20 y 60 metros.

La génesis de estos depósitos justifica sus comportamientos mecánicos, altamente dependientes de las condiciones externas, caracterizados por su inestabilidad frente al humedecimiento y/o cambios en el estado tensional.

VII.3.- ASPECTOS SOCIO-ECONÓMICOS

VII.3.a. - Transporte Público

El transporte público de la zona se encuentra a cargo de la empresa “Autobuses Santa Fe” siendo el corredor N°52 quien se encarga de realizar el recorrido.

VII.3.b. - Uso del Suelo

Como puede apreciarse en la Figura VII.1 en la zona en estudio confluyen las zonas urbanas, industriales y rurales, existiendo un polo educativo conformado por la Universidad Católica de Córdoba.

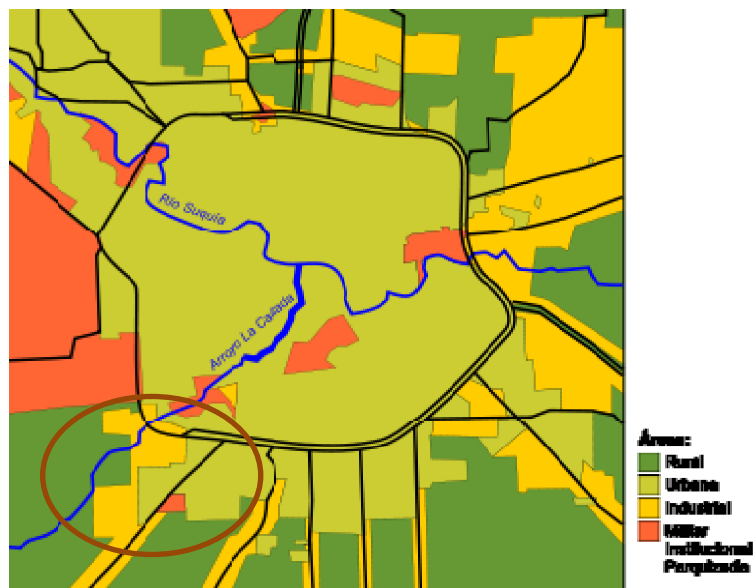


Figura VII. 1: Uso del suelo de la zona de estudio.



VII.4.- ACCIONES DE PROYECTO

VII.4.a. - Etapa constructiva

Se procede a detallar las actividades asociadas al proyecto que podrían producir efectos relevantes sobre el medio ambiente en el área de influencia del mismo.

1. Tareas Preliminares-Funcionamiento del obrador

En la etapa constructiva o preparatoria de la actividad se prevé que el montaje y funcionamiento del obrador tendrá acciones significativas en el lugar en donde se encuentre asentados. Dentro de las actividades que podrían generar un impacto podemos destacar:

- Limpieza del terreno
- Instalación del obrador
- Uso de equipos
- Acopio de insumos y materiales
- Ruidos y vibraciones
- Material particulado
- Residuos peligrosos
- Emisiones gaseosas

2. Paquete estructural y Obras complementarias

Entre las actividades principalmente asociadas a la construcción de la calzada podemos destacar:

- Limpieza del terreno
- Excavaciones y movimientos de Suelo
- Terraplenes
- Nivelación y compactación del Terreno
- Movimiento de equipos y personal
- Ruidos y vibraciones
- Material particulado
- Residuos peligrosos
- Emisiones gaseosas



3. Transporte de materiales y movimiento de equipos

- Movimiento de Maquinaria y Personal
- Ruidos y Vibraciones
- Material Particulado
- Emisiones Gaseosas

4. Desmantelamiento de obrador y varios

- Movimiento de Maquinaria y Personal
- Revegetación
- Ruidos y Vibraciones
- Material Particulado
- Emisiones Gaseosas

5. Contingencias

- Falla operativa
- Accidente de trabajo

VII.4.b. - Etapa operativa

1. Mantenimiento

- Mantenimiento de señalética
- Revegetación
- Movimiento de Maquinaria y Personal
- Ruidos y Vibraciones
- Material Particulado
- Emisiones Gaseosas
- Mano de Obra
- Señalética
- Limpieza cubierta orgánica

2. Funcionamiento Propiamente Dicho

- Volumen Vehicular
- Ruidos y Vibraciones



- Emisiones Gaseosas

3. Contingencias

- Colapso de Obras de Drenaje
- Choque o Siniestro

VII.5.- MATRIZ DE LEOPOLD-ANÁLISIS

VII.5.a. - Etapa constructiva

Como se puede apreciar en la matriz de Leopold (Ver Tabla en Anexo C), tanto las tareas preliminares como el funcionamiento propio del obrador generan impactos negativos tanto en el medio físico como en el medio socio-económico.

En el medio físico, los impactos negativos se centran fundamentalmente en el suelo afectándose mayoritariamente la calidad del suelo y el escurrimiento superficial.

En el aspecto socio-económico hay una generación de empleo propio de la contratación de mano de obra local para tareas tales como limpieza del terreno e instalación del obrador. Como contrapartida, hay un impacto negativo en aspecto estético de la zona así también como una disminución de la higiene local.

En relación al paquete estructural y obras complementarias, nuevamente el suelo es el medio físico más afectado disminuyendo notablemente el escurrimiento superficial, la calidad del suelo y, en menor medida, la estabilidad del mismo.

Dentro del medio socio-económico el paisaje se ve afectado de manera importante.

El transporte de los materiales y el movimiento de los equipos no genera impactos significativos, pudiéndose destacar que se puede ver reducida ligeramente la calidad del aire debido a la generación de ruidos, vibraciones y emisiones gaseosas propias de la operación de la maquinaria.



VII.5.b. - Etapa operativa

El funcionamiento propiamente dicho puede reducir la calidad del aire debido a un aumento del flujo vehicular generado por una mayor accesibilidad del sector.

El mantenimiento tiene en general aspectos positivos dentro del ambiente socio-económico por la generación de empleo así como una mejora en los aspectos relacionados a la higiene y seguridad circundante. (Ver Tabla en Anexo C)



CAPITULO VIII

CONCLUSIONES FINALES



VIII. - CONCLUSIONES FINALES

Aspectos relacionados al tipo de suelo natural (loess)

- ✓ Las muestras de suelo estudiadas se encuentran ubicadas en el Campus de la Universidad Católica de Córdoba. Se extrajeron 4 muestras alteradas y una muestra inalterada.
- ✓ El rango de profundidades de las muestras ensayadas rondaron entre 0,00 m y 1,0 m de profundidad desde el nivel de terreno natural.
- ✓ Geológicamente se corresponde con un loess tipo pampeano de origen eólico de mediados del pleistoceno a principios del holoceno.
- ✓ Geotécnicamente corresponde un suelo macro poroso, con subsidencia alta ante el aumento del contenido de humedad por lo tanto son suelos colapsibles y erodables según la pendiente superficial que tengan.
- ✓ Según la clasificación de suelos de la AASHTO, el suelo se corresponde con un tipo A-4, exceptuando la cubierta superficial del PCA-1 el cual se corresponde con un A-6. Según el S.U.C.S. se corresponden con suelos tipo ML, exceptuando la cubierta superficial del PCA-1, la cual se corresponde con un CL
- ✓ Las muestras de loess estudiadas presentan una naturaleza alcalina ($\text{pH} > 7$).
- ✓ Ninguna de las muestras extraídas presentó sales disueltas totales.
- ✓ Las muestras de loess estudiadas presentan un índice de plasticidad relativamente bajo ~6 %. Particularmente, la cubierta vegetal presenta un índice de plasticidad elevado coincidente con la mayor cantidad de arcilla presente en el mismo (55%).
- ✓ Los contenidos de humedad natural de las distintas muestras son relativamente uniformes ~11 %.
- ✓ La densidad seca máxima obtenida a partir del ensayo proctor T-99 oscila entre 1.60 $[\text{gr}/\text{cm}^3]$ y 1.70 $[\text{gr}/\text{cm}^3]$ con humedades óptimas promedio del 16%.



- ✓ El valor soporte del suelo establecido por el ensayo CBR (California Bearing Ratio) es bajo, del orden del 2%. Esto indica un comportamiento pobre como material de subrasante; siendo la muestra compactada a la energía proctor estándar (T-99).
- ✓ La elección de la muestra se basó esencialmente en la cantidad de carbonatos presentes en el suelo. Si bien las muestras 1 y 3 del PCA-1 eran las que presentaban mayor cantidad de carbonatos, se optó por la segunda; siendo el contenido de este de 1,6 %.

Aspectos relacionados con loess-Silicato de sodio

- ✓ Se determinó que el porcentaje de fase líquida oscila entre un 10% y un 30%. Valores superiores generaban una muestra excesivamente fluida y dificultosa al trabajo in-situ.
- ✓ La adición del silicato no modificó la clasificación del suelo. Según el S.U.C.S. se corresponde con un ML mientras que según la AASHTO se corresponde con un A-4.
- ✓ Químicamente, la adición del silicato incrementó el pH del suelo. A medida que se incrementa el contenido de silicato aumenta la basicidad del suelo.
- ✓ El límite plástico aumenta frente a la adición de silicato. Sin embargo, no puede establecerse una correlación adecuada entre el contenido de silicato y el límite plástico. El límite líquido aumenta frente a la adición de silicato. Al igual que en el caso anterior, resulta difícil establecer una correlación entre ambas variables. La adición de silicato no modifica sensiblemente el índice de plasticidad del suelo. La dificultad en el establecimiento de una correlación adecuada entre los distintos índices y la presencia de silicato se debe fundamentalmente a la propia dispersión del ensayo. Por ende sería necesario realizar un muestreo mayor de cada dosificación para tener una estadística precisa.
- ✓ Granulométricamente, el tamaño de la partícula aumenta. Esto se debe a la generación de una película de silicato alrededor del grano de suelo. Por ende se garantiza una mayor resistencia intergranular (tangencial y normal) a las sollicitaciones gravitacionales externas.



- ✓ La densidad seca máxima obtenida del ensayo proctor T-99 disminuye conforme aumenta el contenido de silicato. Esto a su vez genera que, conforme aumentamos el contenido de silicato, la humedad óptima aumenta.
- ✓ La adición del silicato generó un comportamiento tenso-deformacional superior al del loess sin silicato. Con respecto a la tensión a compresión simple del suelo, todas presentaron un valor mayor, estabilizándose el mismo entre los 9 y los 11 días. La deformación que experimentaron las probetas ensayadas con silicato disminuye debido a un proceso de cristalización del silicato con el carbonato de calcio dispersa en la matriz del loess.
- ✓ En general, las variables analizadas experimentan máximos entre los 9 y 11 días volviéndose asintóticas posteriormente. Esto permite inferir que el proceso de cristalización del silicato con el carbonato de calcio se encontraría entre dichos días. Desde ya eso puede cambiar según los suelos estudiados, situación ya mencionada por las bibliografías consultadas.
- ✓ En función de los parámetros analizados, se estableció que las mezclas que presentaron un mejor comportamiento tenso-deformacional y por ende una adecuada capacidad portante al tránsito temporal del camino de tierra del campus UCC serían 10:1:2 y 22:1:5 (S:Si:H₂O). La mezcla 38:1:8 se descartó por presentar irregularidades en sus valores lo cual puede deberse a errores de ensayo o bien una deficiente dispersión del carbonato en la masa de suelo que puede llegar a dificultar la reacción del silicato.
- ✓ La adición del silicato mejoró sustancialmente el parámetro $CBR_{2,5mm}$ con hinchamiento. La mezcla 10:1:2 presentó mejoras del 617% y 803% a 4 y 11 días respectivamente. La mezcla 22:1:5 presentó una mejora del 402% a los 4 días, no experimentando una variación de dicho parámetro a los 11 días.

Se concluye que la adición del silicato, a los fines estudiados, presenta factibles mejoras a nivel tenso-deformacional y de valor soporte, parámetros relevantes para determinar la idoneidad de un suelo como material de subrasante. La respuesta del loess frente al contenido de silicato, en general, fue mejor a mayor contenido del mismo salvo en parámetros puntuales.



Finalmente se hace una revisión de los objetivos planteados en el apartado I.2.

Objetivos generales

- Aplicar conocimientos adquiridos durante la carrera:

La elaboración del trabajo final implicó la aplicación de materias asociadas al área de geotecnia, vías de comunicación, economía, gestión ambiental y estadística. Es por ello que concluimos que el objetivo fue cumplido.

- Aplicar las normas técnicas pertinentes:

Para la realización del trabajo se aplicaron las normas IRAM, AAHSTO, DNV, etc.

- Investigar la interacción física y mecánica suelo-silicato:

A partir de la recopilación de antecedentes se obtuvo un entendimiento parcial de la interacción suelo-silicato. Si bien la misma no era referida a suelos loésicos sino arcillosos, nos permitió conocer los efectos que generaba en la masa de suelo.

Objetivos Particulares

- Caracterizar geotécnicamente al suelo en estudio:

A partir de la realización de numerosos ensayos en el laboratorio de suelos de la Universidad Católica de Córdoba, se caracterizó al suelo concluyendo que el mismo es un suelo.

- Obtener las proporciones de suelo-silicato-agua necesarias para obtener una mezcla estabilizada tenso-deformacionalmente:



A partir de la búsqueda de antecedentes y ensayos se obtuvieron distintas proporciones suelo-silicato-agua que nos permitieron obtener una mezcla que estabiliza los aspectos tenso-deformacionales en el tiempo. Solo cabe cerciorar si el proceso de cristalización podría ser diferente según el suelo estudiado.

- Sintetizar los aspectos metodológicos utilizados durante la dosificación:

La gran cantidad de ensayos y datos recopilados durante el transcurso de la tesis implicó la realización de un análisis exhaustivo de ellos, sintetizándolo en tablas, gráficos, esquemas, etc.

- Lograr un suelo para uso vial con capacidad portante aceptable para un incremento de la vida útil de la superficie de rodamiento:

A partir de la realización de variados ensayos sobre las mezclas suelo-silicato-agua se adoptaron dos que presentaron los mejores indicadores para los fines estudiados. Los mismos fueron ensayados y presentaron mejoras en un caso de hasta un 1000%.

- Cuantificar económicamente la estabilización de un Km de camino tierra mediante la utilización una mezcla de loess-silicato de sodio óptima.

A partir de la realización no solo de un cómputo métrico sino también de un análisis de las maquinarias necesarias para la ejecutar una estabilización de un camino de tierra, se logró determinar un valor aproximado, siendo el mismo de \$ 73.863,7 por Km. Teniendo en cuenta este valor y sabiendo que el camino del campus UCC tiene una longitud aproximada de 220 metros de longitud se logró estimar el costo de ejecución del paquete estructural considerado; siendo el mismo de ~16.250 \$.



CAPITULO IV

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS



IX. - REFERENCIAS

- Apuntes Geotecnia II (2004), UNC.
- Toledo Pablo J. (2009), “Manual de laboratorio para suelos de Córdoba” Ed. EDUCC – Editorial de la Universidad Católica de Córdoba.
- Cruz, María Pía (2001). “ Estabilización de suelos loésicos colapsibles de la ciudad de Córdoba”
- Juan Francisco de la Vega (2011). “sustentabilidad del uso de suelo Campus Universidad Católica de Córdoba”
- José Javier Higa (2013). “Estabilización de suelos finos con descarte del acerrado de piedras ornamentales para subrasante”
- Redolfi E.R. (2007) “Suelos colapsables”
- Mapa Geológico de Córdoba (2004), UNC
- Lambe T. y Whitman R. (1984). “Mecánica de suelos”. IVª Reimpresión. Ed. Limusa. México.
- Braja M. Das (2008). “Fundamentos de Ingeniería Geotécnica”. Ed. Cengage Learning,
- Rocca R.J., Reginatto A. y Redolfi E. (1992). “Determinación del colapso potencial en suelos”
- Moll L., Rocca R. y Terzariol R (1988). “Suelos loessicos en Argentina”
- Rocca R.J., Redolfi E.R y Terzariol R.E. (2006). “Características geotécnicas de los loess de Argentina”
- Ibáñez Asensio, Sara (2007). “Estructura general de los silicatos”, Universidad Politécnica de Valencia.
- Gustavo Adolfo Calle Pacchenino (2002). “Mejoramiento de subrasantes arcillosas con silicato de sodio”
- C. H. Hurley (1971). “Sodium Silicate Stabilization of soils-A review of the literature”, University of Illinios.



- P. Garnica Anguas-A. Pérez Salazar-J.A. Gómez López, E. Y. Obil Veiza (2002). “Estabilización de Suelos con Cloruro de Sodio para su uso en las vías terrestres”, Secretaría de Comunicaciones y transportes. Instituto Mexicano del Transporte.
- T. M. Reyna (2008). “Acoplamiento de los procesos de escurrimiento superficial e infiltración”, Tesis doctoral, Departamento de Obras hidráulicas, UNC, Córdoba.
- C.L. Ruiz (1966). “Clasificación de materiales para subrasante del Highway Research Board (H.R.B). Su correlación con el valor soporte de california e interpretación” Provincia de Buenos Aires-Ministerio de Obras Públicas-DNV.
- G. A. Narsilio, J. C. Santamarina; “Clasificación de suelos: fundamento físico, prácticas actuales y recomendaciones”, Georgia Institute of Technology, Atlanta, Usa.
- V. A. Rinaldi, M.P. Cruz, J. A. Capdevila, J.J. Clariá (2011). “Origen y caracterización de la estructuración de un loess pampeano”; Rev. Int. de Desastres Naturales, Accidentes e Infraestructura Civil; Vol 12, N° 1; pp. 60-68.

ANEXO A

Descripción del suelo

Proyecto: Estabilización de suelos con silicatos **Fecha:** 26/04/13
Ubicación: Campus UCC
Operador: Perret, Henry-Vigilante, Nicolás
Pozo: PCA-1
Cota boca de pozo: 476,00 m **Cota fondo pozo:** 475,00 m

| | | | Clasificación | |
|----------|-----------------|--|---------------|--------|
| Cota (m) | Profundidad (m) | Descripción del suelo | SUCS | AASHTO |
| 476,00 | 0,00 | Cubierta Vegetal con algunas gravillas asiladas, color pardo oscuro, baja humedad, cementación media y estructura homogénea. | CL | A-6 |
| 475,90 | 0,10 | | | |
| 475,80 | 0,20 | | | |
| 475,70 | 0,30 | Limo con escasas raíces, con un color entre claro y pardo, escasa humedad, fuerte cementación y estructura homogénea. | ML | A-4 |
| 475,60 | 0,40 | | | |
| 475,50 | 0,50 | | | |
| 475,40 | 0,60 | | | |
| 475,30 | 0,70 | | | |
| 475,20 | 0,80 | | | |
| 475,10 | 0,90 | | | |
| 475,00 | 1,00 | Limo con escasas raíces, color pardo claro, poco húmedo, débil cementación y estructura homogénea. | ML | A-6 |

Fin de la exploración

Mayor detalles de resultados en ensayos a continuación

Descripción del suelo

Proyecto: Estabilización de suelos con silicatos

Fecha: 26/04/13

Ubicación: Campus UCC

Operador: Perret, Henry-Vigilante, Nicolás

Pozo: PCA-2

Cota boca de pozo: 478.00 m

Cota fondo pozo: 477.70 m

| | | | Clasificación | |
|----------|-----------------|---|---------------|--------|
| Cota (m) | Profundidad (m) | Descripción del suelo | SUCS | AASHTO |
| 478.00 | 0.00 | Limo orgánico con presencia de gravas y escasas raíces, color pardo oscuro, nula humedad, fuerte cementación y estructura homogénea | CL-ML | A-4 |

Fin de la exploración

Descripción del suelo

Proyecto: Estabilización de suelos con silicatos

Fecha: 26/04/13

Ubicación: Campus UCC

Operador: Perret, Henry-Vigilante, Nicolás

Pozo: PCA-3

Cota boca de pozo: 477,50 m

Cota fondo pozo: 474,50 m

| | | | Clasificación | |
|----------|-----------------|--|---------------|--------|
| Cota (m) | Profundidad (m) | Descripción del suelo | SUCS | AASHTO |
| 477,50 | 0,00 | Suelo descartado y excavado en zona de ascensor | - | - |
| 477,00 | 0,5 | | - | - |
| 476,50 | 1,00 | | - | - |
| 476,00 | 1,50 | | - | - |
| 475,50 | 2,00 | | - | - |
| 475,00 | 2,5 | | - | - |
| 474,50 | 3 | Limo, color pardo claro, escasa humedad, débil cementación y estructura homogénea. | ML | A-4 |

Fin de la Exploración

Determinación del contenido de humedad

Proyecto: Estabilización de suelos con silicatos

Fecha: 30/04/13

Ubicación: Campus UCC

Operador: Perret, Henry-Vigilante, Nicolas

Tipo de Suelo: Limo

Pozo: PCA-1

| Muestra N°: | M1 | M2 | M3 |
|-------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Tipo de suelo: | Limo | Limo | Limo |
| Profundidad: | 0,00 | 0,60 | 1,00 |
| Pesafiltro N°: | 6 | 7 | 8 |
| P_{fi} | 355,0 gr | 342,5 gr | 339,5 gr |
| $P_{fi} + W_{sh}$ | 870,5 gr | 848,0 gr | 894,5 gr |
| $P_{fi} + W_{ss}$ | 816,5 gr | 809,0 gr | 844,5 gr |
| W_w | 54,0 gr | 39,0 gr | 50,0 gr |
| W_{ss} | 461,5 gr | 466,5 gr | 505,0 gr |
| $\omega\%$ | 11,7 % | 8,4 % | 9,9 % |

| | | | |
|-------------------|--|--|--|
| Muestra N°: | | | |
| Tipo de suelo: | | | |
| Profundidad: | | | |
| Pesafiltro N°: | | | |
| P_{fi} | | | |
| $P_{fi} + W_{sh}$ | | | |
| $P_{fi} + W_{ss}$ | | | |
| W_w | | | |
| W_{ss} | | | |
| $\omega\%$ | | | |

Nomenclatura:

- P_{fi} Peso del pesafiltro vacío y limpio, gr.
- W_{sh} Peso del suelo húmedo, gr.
- W_{ss} Peso del suelo seco, gr.
- W_w Peso del agua, gr.
- $\omega\%$ Porcentaje de humedad.

Determinación del contenido de humedad

Proyecto: Estabilización de suelos con silicatos

Fecha: 30/04/13

Ubicación: Campus UCC

Operador: Perret, Henry-Vigilante, Nicolás

Tipo de Suelo: Limo

Pozo: PCA-2

| | | | |
|-------------------|----------|--|--|
| Muestra N°: | M1 | | |
| Tipo de suelo: | Limo | | |
| Profundidad: | 0,00 | | |
| Pesafiltro N°: | 9 | | |
| P_{fi} | 328,5 gr | | |
| $P_{fi} + W_{sh}$ | 905,5 gr | | |
| $P_{fi} + W_{ss}$ | 863,0 gr | | |
| W_w | 42,5 gr | | |
| W_{ss} | 534,5 gr | | |
| $\omega\%$ | 8,0 % | | |

| | | | |
|-------------------|--|--|--|
| Muestra N°: | | | |
| Tipo de suelo: | | | |
| Profundidad: | | | |
| Pesafiltro N°: | | | |
| P_{fi} | | | |
| $P_{fi} + W_{sh}$ | | | |
| $P_{fi} + W_{ss}$ | | | |
| W_w | | | |
| W_{ss} | | | |
| $\omega\%$ | | | |

Nomenclatura:

- P_{fi} Peso del pesafiltro vacío y limpio, gr.
- W_{sh} Peso del suelo húmedo, gr.
- W_{ss} Peso del suelo seco, gr.
- W_w Peso del agua, gr.
- $\omega\%$ Porcentaje de humedad.

Determinación del contenido de humedad

Proyecto: Estabilización de suelos con silicatos

Fecha: 30/04/13

Ubicación: Campus UCC

Operador: Perret, Henry-Vigilante, Nicolás

Tipo de Suelo: Limo

Pozo: PCA-3

| | | | |
|-------------------|----------|--|--|
| Muestra N°: | M1 | | |
| Tipo de suelo: | Limo | | |
| Profundidad: | 3,00 | | |
| Pesafiltro N°: | 10 | | |
| P_{fi} | 349,0 gr | | |
| $P_{fi} + W_{sh}$ | 762,0 gr | | |
| $P_{fi} + W_{ss}$ | 707,5 gr | | |
| W_w | 54,5 gr | | |
| W_{ss} | 358,5 gr | | |
| $\omega\%$ | 15,2 % | | |

| | | | |
|-------------------|--|--|--|
| Muestra N°: | | | |
| Tipo de suelo: | | | |
| Profundidad: | | | |
| Pesafiltro N°: | | | |
| P_{fi} | | | |
| $P_{fi} + W_{sh}$ | | | |
| $P_{fi} + W_{ss}$ | | | |
| W_w | | | |
| W_{ss} | | | |
| $\omega\%$ | | | |

Nomenclatura:

- P_{fi} Peso del pesafiltro vacío y limpio, gr.
- W_{sh} Peso del suelo húmedo, gr.
- W_{ss} Peso del suelo seco, gr.
- W_w Peso del agua, gr.
- $\omega\%$ Porcentaje de humedad.

Lavado por tamiz N°200

Proyecto: Estabilización de suelos con silicatos

Fecha: 03/05/13

Ubicación: Campus UCC

Operador: Perret, Henry-Vigilante, Nicolás

Tipo de Suelo: Limo

Pozo: PCA-1

| Muestra N°: | M1 | M2 | M3 |
|-------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Tipo de suelo: | Limo | Limo | Limo |
| Profundidad: | 0,00 | 0,60 | 1,00 |
| Pesafiltro N°: | 1 | 2 | 3 |
| P_{fi} | 4,0 gr | 4,0 gr | 4,0 gr |
| $P_{fi} + W_{ss}$ | 139,5 gr | 120,5 gr | 128,0 gr |
| $P_{fi} + W_R$ | 7,5 gr | 5,5 gr | 5,5 gr |
| W_{ss} | 135,5 gr | 116,5 gr | 124,0 gr |
| W_R | 3,5 gr | 1,5 gr | 1,5 gr |
| $R_{N°200} \%$ | 2,58 % | 1,29 % | 1,21 % |
| $P_{N°200} \%$ | 97,4 % | 98,7 % | 98,8 % |

| | | | |
|-------------------|-----------|-----------|-----------|
| Muestra N°: | | | |
| Tipo de suelo: | | | |
| Profundidad: | | | |
| Pesafiltro N°: | | | |
| P_{fi} | gr | gr | gr |
| $P_{fi} + W_{ss}$ | gr | gr | gr |
| $P_{fi} + W_R$ | gr | gr | gr |
| W_{ss} | gr | gr | gr |
| W_R | gr | gr | gr |
| $R_{N°200} \%$ | % | % | % |

Nomenclatura:

P_{fi} Peso de la bandeja, gr.

W_{ss} Peso del suelo seco inicial, gr.

W_R Peso del suelo retenido en el tamiz N° 200, gr.

$R_{N°200} \%$ Porcentaje de suelo que pasa el tamiz N° 200.

Lavado por tamiz N°200

Proyecto: Estabilización de suelos con silicatos

Fecha: 03/05/13

Ubicación: Campus UCC

Operador: Perret, Henry-Vigilante, Nicolás

Tipo de Suelo: Limo

Pozo: PCA-2

| | | | |
|-------------------|-----------------|--|--|
| Muestra N°: | M1 | | |
| Tipo de suelo: | Limo | | |
| Profundidad: | 0,00 | | |
| Pesafiltro N°: | 4 | | |
| P_{fi} | 4,0 gr | | |
| $P_{fi} + W_{ss}$ | 143,5 gr | | |
| $P_{fi} + W_R$ | 14,5 gr | | |
| W_{ss} | 139,5 gr | | |
| W_R | 10,5 gr | | |
| $R_{N°200} \%$ | 7,53 % | | |
| $P_{N°200} \%$ | 92,5 % | | |

| | | | |
|-------------------|-----------|-----------|-----------|
| Muestra N°: | | | |
| Tipo de suelo: | | | |
| Profundidad: | | | |
| Pesafiltro N°: | | | |
| P_{fi} | gr | gr | gr |
| $P_{fi} + W_{ss}$ | gr | gr | gr |
| $P_{fi} + W_R$ | gr | gr | gr |
| W_{ss} | gr | gr | gr |
| W_R | gr | gr | gr |
| $R_{N°200} \%$ | % | % | % |

Nomenclatura:

P_{fi} Peso de la bandeja, gr.

W_{ss} Peso del suelo seco inicial, gr.

W_R Peso del suelo retenido en el tamiz N° 200, gr.

$R_{N°200} \%$ Porcentaje de suelo que pasa el tamiz N° 200.

Lavado por tamiz N°200

Proyecto: Estabilización de suelos con silicatos

Fecha: 03/05/13

Ubicación: Campus UCC

Operador: Perret, Henry-Vigilante, Nicolás

Tipo de Suelo: Limo

Pozo: PCA-3

| | | | |
|-------------------|-----------------|--|--|
| Muestra N°: | M1 | | |
| Tipo de suelo: | Limo | | |
| Profundidad: | 3,00 | | |
| Pesafiltro N°: | 5 | | |
| P_{fi} | 4,0 gr | | |
| $P_{fi} + W_{ss}$ | 123,5 gr | | |
| $P_{fi} + W_R$ | 5,5 gr | | |
| W_{ss} | 119,5 gr | | |
| W_R | 1,5 gr | | |
| $R_{N°200} \%$ | 1,26 % | | |
| $P_{N°200} \%$ | 98,7 % | | |

| | | | |
|-------------------|-----------|-----------|-----------|
| Muestra N°: | | | |
| Tipo de suelo: | | | |
| Profundidad: | | | |
| Pesafiltro N°: | | | |
| P_{fi} | gr | gr | gr |
| $P_{fi} + W_{ss}$ | gr | gr | gr |
| $P_{fi} + W_R$ | gr | gr | gr |
| W_{ss} | gr | gr | gr |
| W_R | gr | gr | gr |
| $R_{N°200} \%$ | % | % | % |

Nomenclatura:

P_{fi} Peso de la bandeja, gr.

W_{ss} Peso del suelo seco inicial, gr.

W_R Peso del suelo retenido en el tamiz N° 200, gr.

$R_{N°200} \%$ Porcentaje de suelo que pasa el tamiz N° 200.

Granulometría Mecánica

Proyecto: Estabilización de suelos con silicatos

Fecha: 03/05/13

Ubicación: Campus UCC

Operador: Perret, Henry - Vigilante, Nicolás

Pozo: PCA-1

Muestra N°: M1

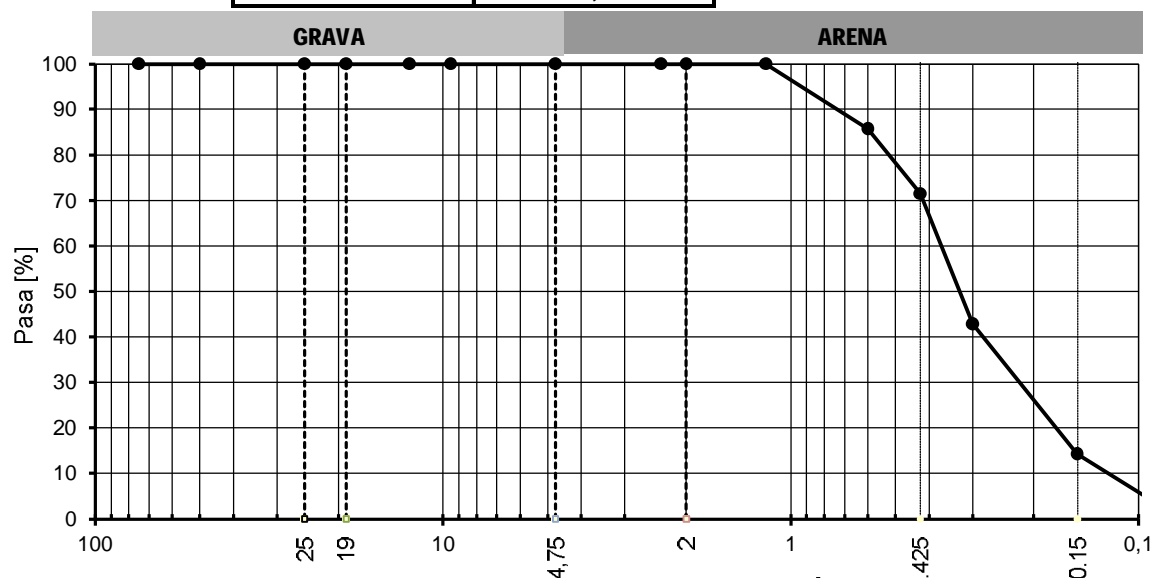
Profundidad: 0,00

P_f : 4,00 gr

$P_{fi} + W_{ss}$: 7,50 gr

W_{ss} : 3,50 gr

| TAMIZ | Abertura (mm) | Retenido en c/ tamiz (gr) | Pasante (gr) | % Pasante |
|-------------------|---------------|------------------------------|--------------|-----------|
| 3 in. | 75,00 | 0,0 | 3,5 | 100,0 |
| 2 in. | 50,00 | 0,0 | 3,5 | 100,0 |
| 1 in. | 25,00 | 0,0 | 3,5 | 100,0 |
| $\frac{3}{4}$ in. | 19,00 | 0,0 | 3,5 | 100,0 |
| $\frac{1}{2}$ in. | 12,50 | 0,0 | 3,5 | 100,0 |
| $\frac{3}{8}$ in. | 9,50 | 0,0 | 3,5 | 100,0 |
| Nº4 | 4,75 | 0,0 | 3,5 | 100,0 |
| Nº8 | 2,36 | 0,0 | 3,5 | 100,0 |
| Nº10 | 2,00 | 0,0 | 3,5 | 100,0 |
| Nº16 | 1,18 | 0,0 | 3,5 | 100,0 |
| Nº30 | 0,60 | 0,5 | 3,0 | 85,7 |
| Nº40 | 0,425 | 0,5 | 2,5 | 71,4 |
| Nº50 | 0,300 | 1,0 | 1,5 | 42,9 |
| Nº100 | 0,150 | 1,0 | 0,5 | 14,3 |
| Nº200 | 0,075 | 0,5 | 0,0 | 0,0 |
| Tapa | | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Suma Retenido: | | 3,5 | | |



$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} = \frac{0,375}{0,125} = 3 \quad \text{Tamaño de Partículas [mm]} \quad C_c = \frac{D_{30}^2}{D_{60}D_{10}} = \frac{0,225^2}{0,375 * 0,125} = 1,08$$

Granulometría Mecánica

Proyecto: Estabilización de suelos con silicatos

Fecha: 03/05/13

Ubicación: Campus UCC

Operador: Perret, Henry - Vigilante, Nicolás

Pozo: PCA-1

Muestra N°: M2

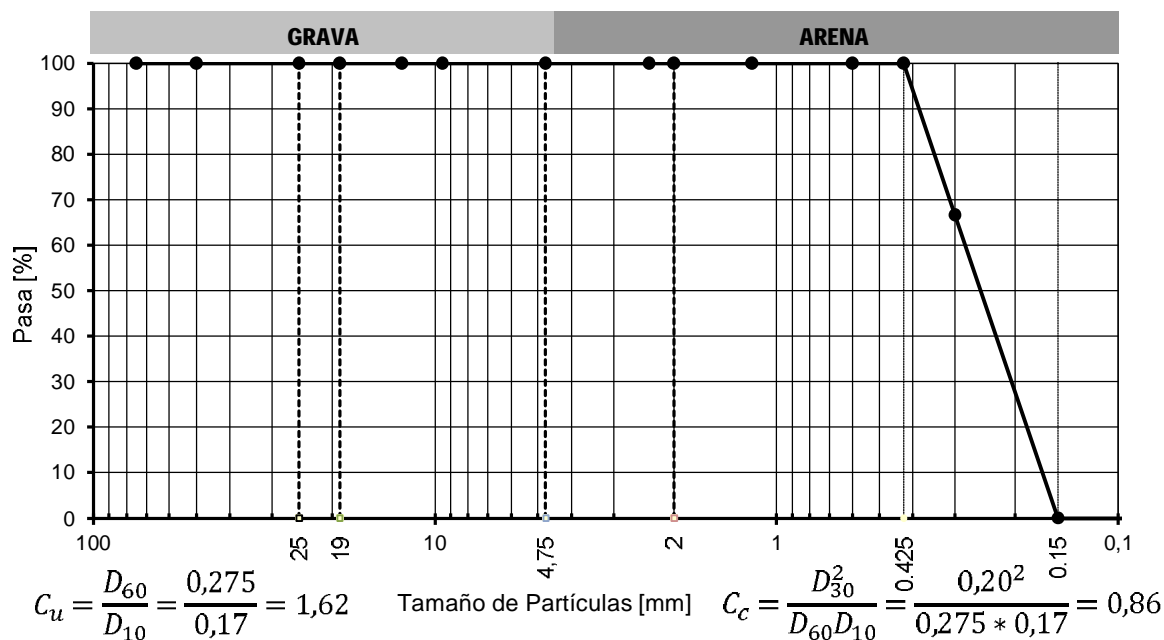
Profundidad: 0,60

P_f : 4,00 gr

$P_{fi} + W_{ss}$: 5,50 gr

W_{ss} : 1,50 gr

| TAMIZ | Abertura (mm) | Retenido en c/ tamiz (gr) | Pasante (gr) | % Pasante |
|-------------------|---------------|------------------------------|--------------|-----------|
| 3 in. | 75,00 | 0,0 | 1,5 | 100,0 |
| 2 in. | 50,00 | 0,0 | 1,5 | 100,0 |
| 1 in. | 25,00 | 0,0 | 1,5 | 100,0 |
| $\frac{3}{4}$ in. | 19,00 | 0,0 | 1,5 | 100,0 |
| $\frac{1}{2}$ in. | 12,50 | 0,0 | 1,5 | 100,0 |
| $\frac{3}{8}$ in. | 9,50 | 0,0 | 1,5 | 100,0 |
| Nº4 | 4,75 | 0,0 | 1,5 | 100,0 |
| Nº8 | 2,36 | 0,0 | 1,5 | 100,0 |
| Nº10 | 2,00 | 0,0 | 1,5 | 100,0 |
| Nº16 | 1,18 | 0,0 | 1,5 | 100,0 |
| Nº30 | 0,60 | 0,0 | 1,5 | 100,0 |
| Nº40 | 0,425 | 0,0 | 1,5 | 100,0 |
| Nº50 | 0,300 | 0,5 | 1,0 | 66,7 |
| Nº100 | 0,150 | 1,0 | 0,0 | 0,0 |
| Nº200 | 0,075 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Tapa | | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Suma Retenido: | | 1,5 | | |



Granulometría Mecánica

Proyecto: Estabilización de suelos con silicatos

Fecha: 03/05/13

Ubicación: Campus UCC

Operador: Perret, Henry - Vigilante, Nicolás

Pozo: PCA-1

Muestra N°: M3

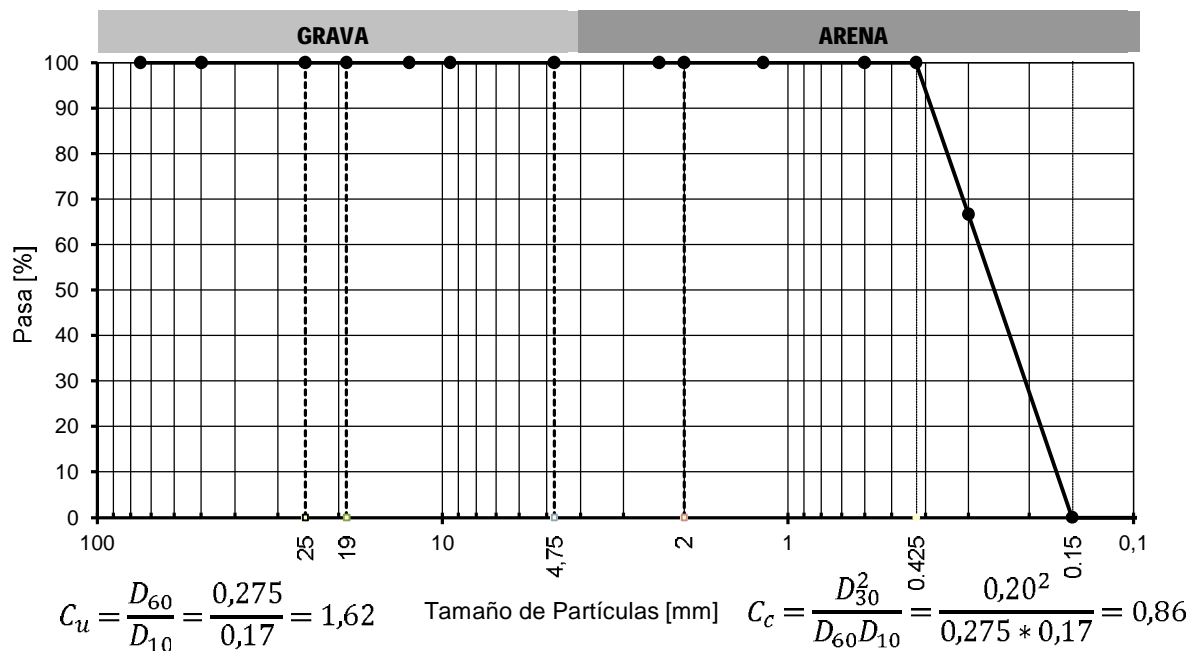
Profundidad: 1,00

P_f : 4,00 gr

$P_{fi} + W_{ss}$: 5,50 gr

W_{ss} : 1,50 gr

| TAMIZ | Abertura (mm) | Retenido en c/ tamiz (gr) | Pasante (gr) | % Pasante |
|-------------------|---------------|------------------------------|--------------|-----------|
| 3 in. | 75,00 | 0,0 | 1,5 | 100,0 |
| 2 in. | 50,00 | 0,0 | 1,5 | 100,0 |
| 1 in. | 25,00 | 0,0 | 1,5 | 100,0 |
| $\frac{3}{4}$ in. | 19,00 | 0,0 | 1,5 | 100,0 |
| $\frac{1}{2}$ in. | 12,50 | 0,0 | 1,5 | 100,0 |
| $\frac{3}{8}$ in. | 9,50 | 0,0 | 1,5 | 100,0 |
| Nº4 | 4,75 | 0,0 | 1,5 | 100,0 |
| Nº8 | 2,36 | 0,0 | 1,5 | 100,0 |
| Nº10 | 2,00 | 0,0 | 1,5 | 100,0 |
| Nº16 | 1,18 | 0,0 | 1,5 | 100,0 |
| Nº30 | 0,60 | 0,0 | 1,5 | 100,0 |
| Nº40 | 0,425 | 0,0 | 1,5 | 100,0 |
| Nº50 | 0,300 | 0,5 | 1,0 | 66,7 |
| Nº100 | 0,150 | 1,0 | 0,0 | 0,0 |
| Nº200 | 0,075 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Tapa | | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Suma Retenido: | | 1,5 | | |



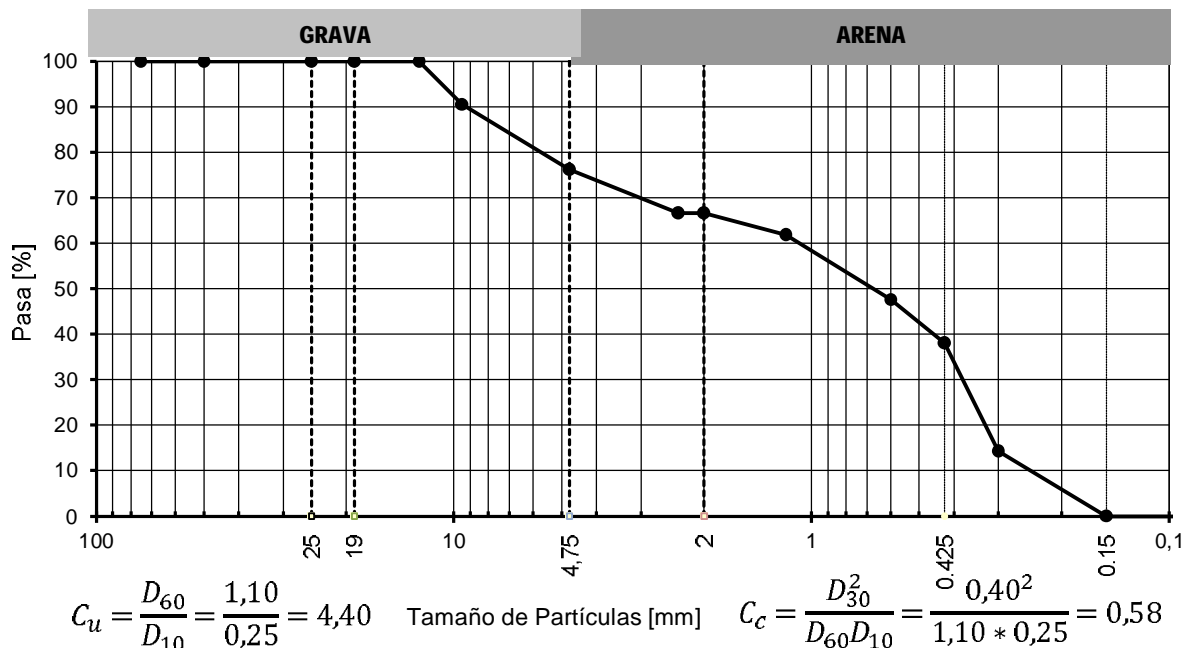
Granulometría Mecánica

Proyecto: Estabilización de suelos con silicatos
Ubicación: Campus UCC
Operador: Perret, Henry - Vigilante, Nicolás
Pozo: PCA-2
Muestra N°: M1
Profundidad: 0,00

Fecha: 03/05/13

P_f : 4,00 gr
 $P_{fi} + W_{ss}$: 14,50 gr
 W_{ss} : 10,50 gr

| TAMIZ | Abertura (mm) | Retenido en c/ tamiz (gr) | Pasante (gr) | % Pasante |
|-------------------|---------------|------------------------------|--------------|-----------|
| 3 in. | 75,00 | 0,0 | 10,5 | 100,0 |
| 2 in. | 50,00 | 0,0 | 10,5 | 100,0 |
| 1 in. | 25,00 | 0,0 | 10,5 | 100,0 |
| $\frac{3}{4}$ in. | 19,00 | 0,0 | 10,5 | 100,0 |
| $\frac{1}{2}$ in. | 12,50 | 0,0 | 10,5 | 100,0 |
| $\frac{3}{8}$ in. | 9,50 | 1,0 | 9,5 | 90,5 |
| Nº4 | 4,75 | 1,5 | 8,0 | 76,2 |
| Nº8 | 2,36 | 1,0 | 7,0 | 66,7 |
| Nº10 | 2,00 | 0,0 | 7,0 | 66,7 |
| Nº16 | 1,18 | 0,5 | 6,5 | 61,9 |
| Nº30 | 0,60 | 1,5 | 5,0 | 47,6 |
| Nº40 | 0,425 | 1,0 | 4,0 | 38,1 |
| Nº50 | 0,300 | 2,5 | 1,5 | 14,3 |
| Nº100 | 0,150 | 1,5 | 0,0 | 0,0 |
| Nº200 | 0,075 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Tapa | | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Suma Retenido: | | 10,5 | | |



Granulometría Mecánica

Proyecto: Estabilización de suelos con silicatos

Fecha: 03/05/13

Ubicación: Campus UCC

Operador: Perret, Henry - Vigilante, Nicolás

Pozo: PCA-3

Muestra N°: M1

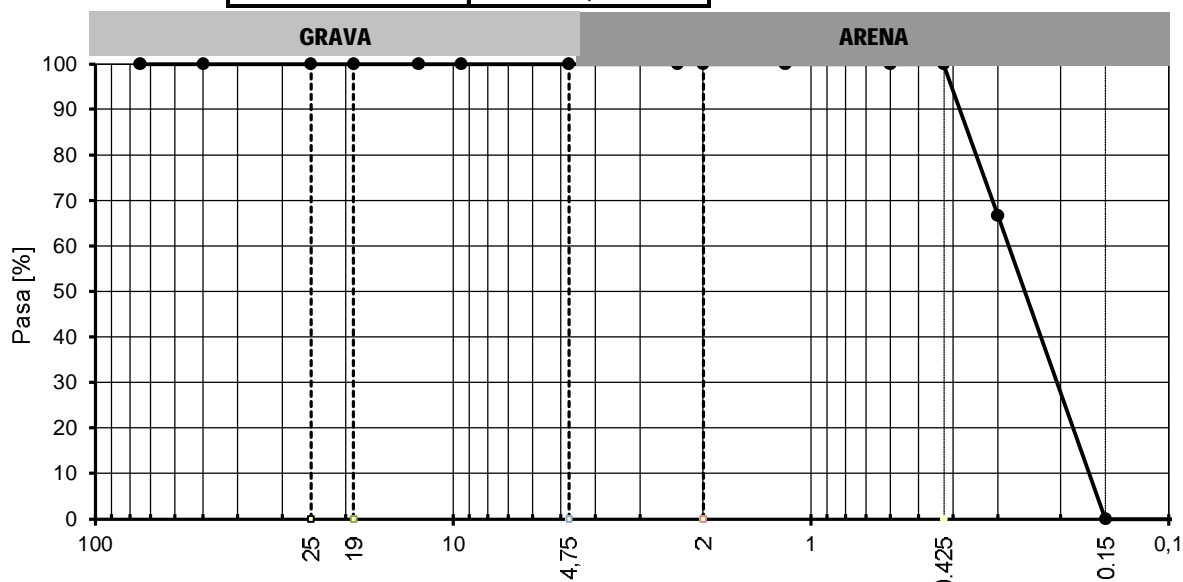
Profundidad: 3,00

P_f : 4,00 gr

$P_{fi} + W_{ss}$: 5,50 gr

W_{ss} : 1,50 gr

| TAMIZ | Abertura (mm) | Retenido en c/ tamiz (gr) | Pasante (gr) | % Pasante |
|-------------------|---------------|------------------------------|--------------|-----------|
| 3 in. | 75,00 | 0,0 | 1,5 | 100,0 |
| 2 in. | 50,00 | 0,0 | 1,5 | 100,0 |
| 1 in. | 25,00 | 0,0 | 1,5 | 100,0 |
| $\frac{3}{4}$ in. | 19,00 | 0,0 | 1,5 | 100,0 |
| $\frac{1}{2}$ in. | 12,50 | 0,0 | 1,5 | 100,0 |
| $\frac{3}{8}$ in. | 9,50 | 0,0 | 1,5 | 100,0 |
| Nº4 | 4,75 | 0,0 | 1,5 | 100,0 |
| Nº8 | 2,36 | 0,0 | 1,5 | 100,0 |
| Nº10 | 2,00 | 0,0 | 1,5 | 100,0 |
| Nº16 | 1,18 | 0,0 | 1,5 | 100,0 |
| Nº30 | 0,60 | 0,0 | 1,5 | 100,0 |
| Nº40 | 0,425 | 0,0 | 1,5 | 100,0 |
| Nº50 | 0,300 | 0,5 | 1,0 | 66,7 |
| Nº100 | 0,150 | 1,0 | 0,0 | 0,0 |
| Nº200 | 0,075 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Tapa | | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Suma Retenido: | | 1,5 | | |



$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} = \frac{0,275}{0,17} = 1,62$$

Tamaño de Partículas [mm]

$$C_c = \frac{D_{30}^2}{D_{60}D_{10}} = \frac{0,20^2}{0,275 * 0,17} = 0,86$$

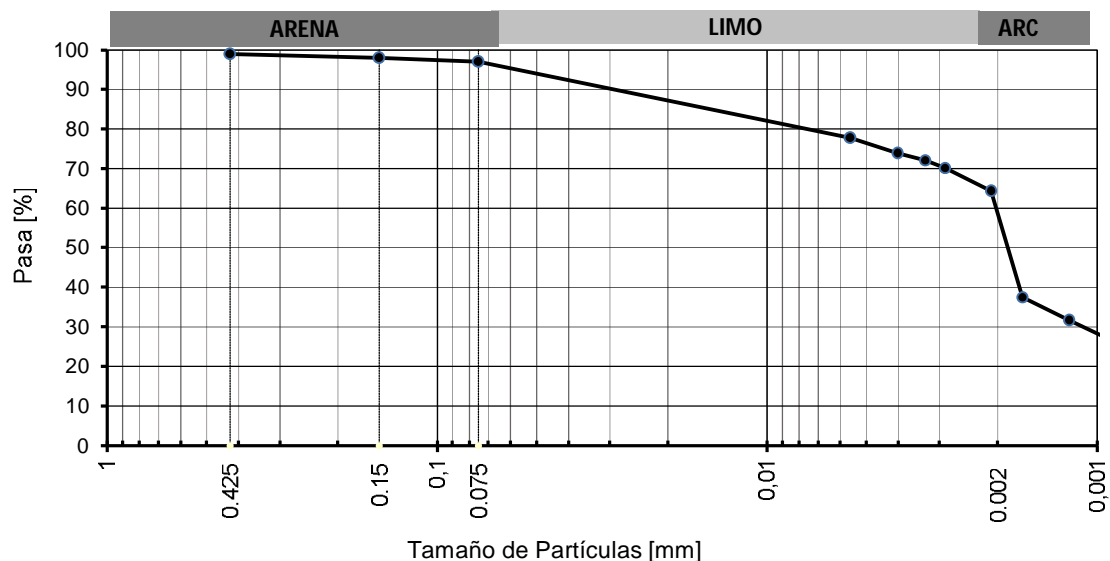
Granulometría por Sedimentación

Proyecto: Estabilización de suelos con silicatos **Fecha:** 30/05/13
Ubicación: Campus UCC
Operador: Perret, Henry-Vigilante, Nicolás
Tipo de Suelo: Limo
Pozo: PCA-1 **Profundidad:** 0,0 m
Muestra: M1

| | | | | |
|---------------------|-------|---------------------|------|-----------------|
| W_{ss} : | 50 gr | G_s : | 2,65 | - |
| Corrección menisco: | 1 | Corrección de cero: | 5 | α : 0,96 |

| Fecha | Hora de lectura | Tiempo (Min) | Temperatura °C | Lectura real (gr) | Lectura corregida por menisco | Distancia de caída (cm) | Factor | Diámetro (mm) | Factor por temperatura | Lectura corregida (gr) | % tamaño inferior |
|--------|-----------------|--------------|----------------|-------------------|-------------------------------|-------------------------|---------|---------------|------------------------|------------------------|-------------------|
| 30-may | 12:15 | 1 | 18 | 40 | 41 | 9,6 | 0,01399 | 0,00560 | -0,5 | 40,5 | 77,76 |
| 30-may | 12:16 | 2 | 18 | 38 | 39 | 9,9 | 0,01399 | 0,00402 | -0,5 | 38,5 | 73,92 |
| 30-may | 12:17 | 3 | 18 | 37 | 38 | 10,1 | 0,01399 | 0,00331 | -0,5 | 37,5 | 72,00 |
| 30-may | 12:18 | 4 | 18 | 36 | 37 | 10,2 | 0,01399 | 0,00288 | -0,5 | 36,5 | 70,08 |
| 30-may | 12:22 | 8 | 18 | 33 | 34 | 10,7 | 0,01399 | 0,00209 | -0,5 | 33,5 | 64,32 |
| 30-may | 12:29 | 15 | 18 | 19 | 20 | 13,0 | 0,01399 | 0,00168 | -0,5 | 19,5 | 37,44 |
| 30-may | 12:44 | 30 | 18 | 16 | 17 | 13,5 | 0,01399 | 0,00121 | -0,5 | 16,5 | 31,68 |
| 30-may | 13:14 | 60 | 18 | 13 | 14 | 14,0 | 0,01399 | 0,00087 | -0,5 | 13,5 | 25,92 |
| 30-may | 13:42 | 1530 | 18 | 6 | 7 | 15,5 | 0,01399 | 0,00018 | -0,5 | 6,5 | 12,48 |

| Abertura del tamiz (mm) | Tamiz Nº | Retenido (gr) | Pasante (gr) | % Pasante |
|-------------------------|----------|---------------|--------------|-----------|
| 0,425 | 40 | 0,5 | 49,5 | 99 |
| 0,15 | 100 | 0,5 | 49 | 98 |
| 0,075 | 200 | 0,5 | 48,5 | 97 |
| | Fondo | | | |



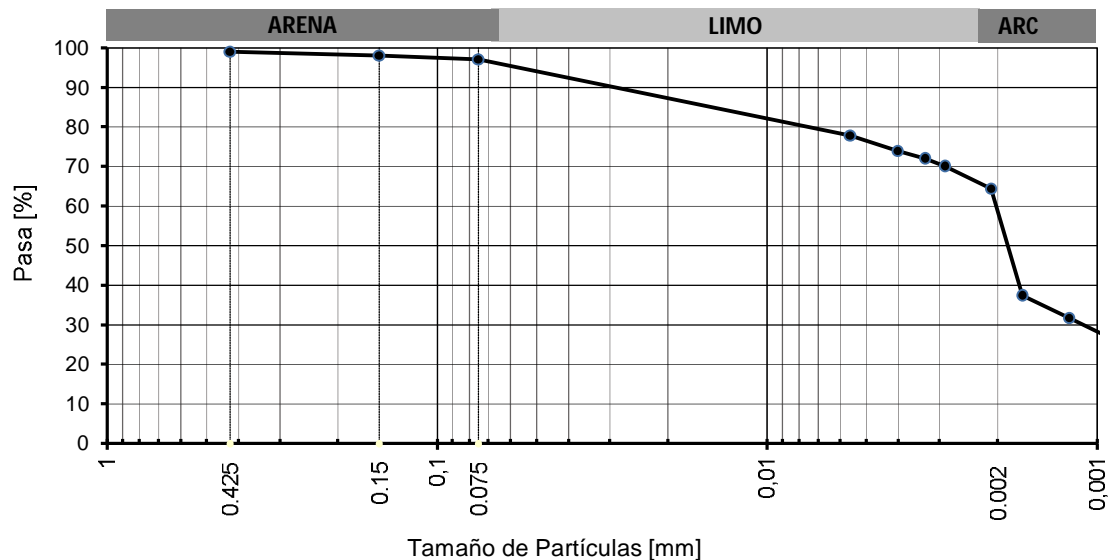
Granulometría por Sedimentación

Proyecto: Estabilización de suelos con silicatos **Fecha:** 30/05/13
Ubicación: Campus UCC
Operador: Perret, Henry-Vigilante, Nicolás
Tipo de Suelo: Limo
Pozo: PCA-1 **Profundidad:** 0,60 m
Muestra: M2

| | | |
|-----------------------|-----------------------|-----------------|
| W_{ss} : 50 gr | G_s : 2,65 | - |
| Corrección menisco: 1 | Corrección de cero: 5 | α : 0,96 |

| Fecha | Hora de lectura | Tiempo (Min) | Temperatura °C | Lectura real (gr) | Lectura corregida por menisco | Distancia de caída (cm) | Factor | Diámetro (mm) | Factor por temperatura | Lectura corregida (gr) | % tamaño inferior |
|--------|-----------------|--------------|----------------|-------------------|-------------------------------|-------------------------|---------|---------------|------------------------|------------------------|-------------------|
| 30-may | 12:35 | 1 | 18 | 35 | 36 | 9,6 | 0,01399 | 0,00560 | -0,5 | 35,5 | 68,16 |
| 30-may | 12:36 | 2 | 18 | 32 | 33 | 9,9 | 0,01399 | 0,00402 | -0,5 | 32,5 | 62,40 |
| 30-may | 12:37 | 3 | 18 | 30 | 31 | 10,1 | 0,01399 | 0,00331 | -0,5 | 30,5 | 58,56 |
| 30-may | 12:38 | 4 | 18 | 28 | 29 | 10,2 | 0,01399 | 0,00288 | -0,5 | 28,5 | 54,72 |
| 30-may | 12:42 | 8 | 18 | 21 | 22 | 10,7 | 0,01399 | 0,00209 | -0,5 | 21,5 | 41,28 |
| 30-may | 12:49 | 15 | 18 | 18 | 19 | 13,0 | 0,01399 | 0,00168 | -0,5 | 18,5 | 35,52 |
| 30-may | 13:05 | 30 | 18 | 16 | 17 | 13,5 | 0,01399 | 0,00121 | -0,5 | 16,5 | 31,68 |
| 30-may | 13:35 | 60 | 18 | 13 | 14 | 14,0 | 0,01399 | 0,00087 | -0,5 | 13,5 | 25,92 |
| 30-may | 13:44 | 1530 | 18 | 6 | 7 | 15,5 | 0,01399 | 0,00018 | -0,5 | 6,5 | 12,48 |

| Abertura del tamiz (mm) | Tamiz Nº | Retenido (gr) | Pasante (gr) | % Pasante |
|-------------------------|----------|---------------|--------------|-----------|
| 0,425 | 40 | 0,0 | 50 | 100 |
| 0,15 | 100 | 0,5 | 49,5 | 99 |
| 0,075 | 200 | 0,5 | 49 | 98 |
| | Fondo | | | |



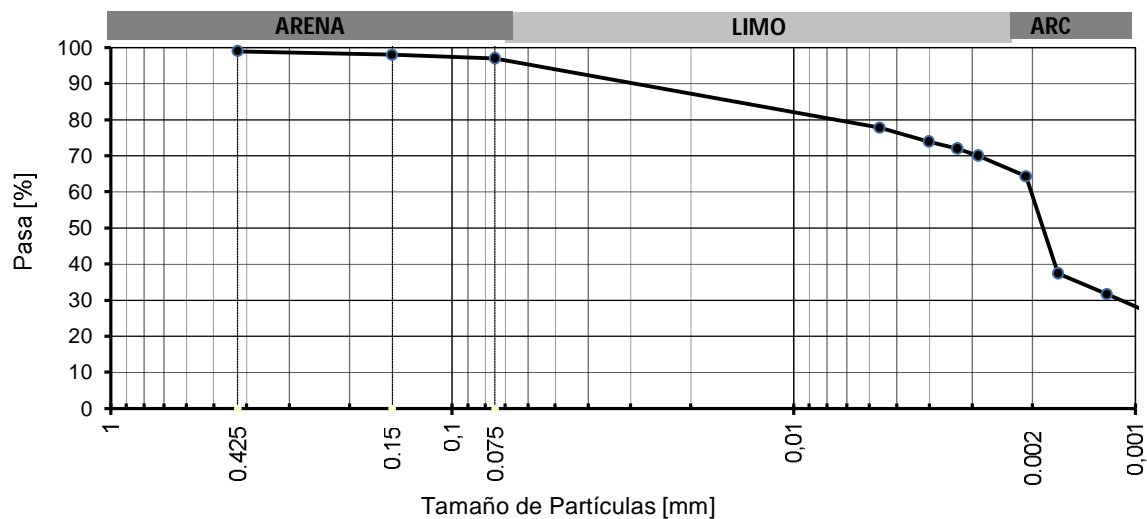
Granulometría por Sedimentación

Proyecto: Estabilización de suelos con silicatos **Fecha:** 30/05/13
Ubicación: Campus UCC
Operador: Perret, Henry-Vigilante, Nicolás
Tipo de Suelo: Limo
Pozo: PCA-1 **Profundidad:** 1,0 m
Muestra: M3

| | | | | |
|---------------------|-------|---------------------|------|-----------------|
| W_{SS} : | 50 gr | G_s : | 2,65 | - |
| Corrección menisco: | 1 | Corrección de cero: | 5 | α : 0,96 |

| Fecha | Hora de lectura | Tiempo (Min) | Temperatura °C | Lectura real (gr) | Lectura corregida por menisco | Distancia de caída (cm) | Factor | Diámetro (mm) | Factor por temperatura | Lectura corregida (gr) | % tamaño inferior |
|--------|-----------------|--------------|----------------|-------------------|-------------------------------|-------------------------|---------|---------------|------------------------|------------------------|-------------------|
| 30-may | 13:15 | 1 | 18 | 35 | 36 | 9,6 | 0,01399 | 0,00560 | -0,5 | 35,5 | 68,16 |
| 30-may | 13:16 | 2 | 18 | 32 | 33 | 9,9 | 0,01399 | 0,00402 | -0,5 | 32,5 | 62,40 |
| 30-may | 13:17 | 3 | 18 | 30 | 31 | 10,1 | 0,01399 | 0,00331 | -0,5 | 30,5 | 58,56 |
| 30-may | 13:18 | 4 | 18 | 28 | 29 | 10,2 | 0,01399 | 0,00288 | -0,5 | 28,5 | 54,72 |
| 30-may | 13:22 | 8 | 18 | 21 | 22 | 10,7 | 0,01399 | 0,00209 | -0,5 | 21,5 | 41,28 |
| 30-may | 13:29 | 15 | 18 | 18 | 19 | 13,0 | 0,01399 | 0,00168 | -0,5 | 18,5 | 35,52 |
| 30-may | 13:34 | 30 | 18 | 16 | 17 | 13,5 | 0,01399 | 0,00121 | -0,5 | 16,5 | 31,68 |
| 30-may | 14:14 | 60 | 18 | 13 | 14 | 14,0 | 0,01399 | 0,00087 | -0,5 | 13,5 | 25,92 |
| 30-may | 13:40 | 1530 | 18 | 6 | 7 | 15,5 | 0,01399 | 0,00018 | -0,5 | 6,5 | 12,48 |

| Abertura del tamiz (mm) | Tamiz N° | Retenido (gr) | Pasante (gr) | % Pasante |
|-------------------------|----------|---------------|--------------|-----------|
| 0,425 | 40 | 0,0 | 50 | 100 |
| 0,15 | 100 | 0,5 | 49,5 | 99 |
| 0,075 | 200 | 0,5 | 49 | 98 |
| | Fondo | | | |



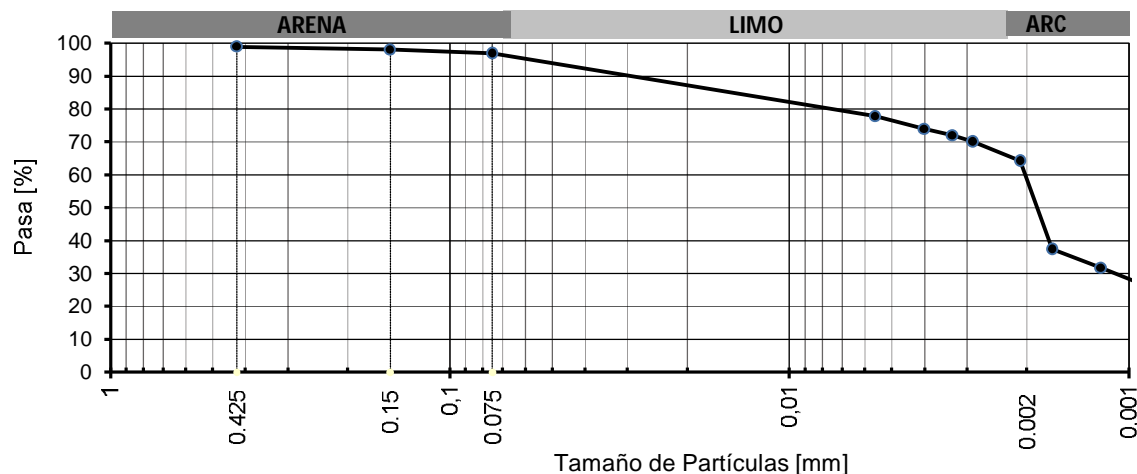
Granulometría por Sedimentación

Proyecto: Estabilización de suelos con silicatos **Fecha:** 30/05/13
Ubicación: Campus UCC
Operador: Perret, Henry-Vigilante, Nicolás
Tipo de Suelo: Limo
Pozo: PCA-2 **Profundidad:** 0,0 m
Muestra: M1

| | | | | |
|---------------------|-------|---------------------|------|-----------------|
| W_{ss} : | 50 gr | G_s : | 2,65 | - |
| Corrección menisco: | 1 | Corrección de cero: | 5 | α : 0,96 |

| Fecha | Hora de lectura | Tiempo (Min) | Temperatura °C | Lectura real (gr) | Lectura corregida por menisco | Distancia de caída (cm) | Factor | Diámetro (mm) | Factor por temperatura | Lectura corregida (gr) | % tamaño inferior |
|--------|-----------------|--------------|----------------|-------------------|-------------------------------|-------------------------|---------|---------------|------------------------|------------------------|-------------------|
| 30-may | 13:55 | 1 | 18 | 41 | 42 | 9,6 | 0,01399 | 0,00560 | -0,5 | 41,5 | 79,68 |
| 30-may | 13:56 | 2 | 18 | 36 | 37 | 9,9 | 0,01399 | 0,00402 | -0,5 | 36,5 | 70,08 |
| 30-may | 13:57 | 3 | 18 | 32 | 33 | 10,1 | 0,01399 | 0,00331 | -0,5 | 32,5 | 62,40 |
| 30-may | 13:58 | 4 | 18 | 28 | 29 | 10,2 | 0,01399 | 0,00288 | -0,5 | 28,5 | 54,72 |
| 30-may | 14:02 | 8 | 18 | 24 | 25 | 10,7 | 0,01399 | 0,00209 | -0,5 | 24,5 | 47,04 |
| 30-may | 14:09 | 15 | 18 | 20 | 21 | 13,0 | 0,01399 | 0,00168 | -0,5 | 20,5 | 39,36 |
| 30-may | 14:24 | 30 | 18 | 17 | 18 | 13,5 | 0,01399 | 0,00121 | -0,5 | 17,5 | 33,60 |
| 30-may | 14:54 | 60 | 18 | 14 | 15 | 14,0 | 0,01399 | 0,00087 | -0,5 | 14,5 | 27,84 |
| 30-may | 13:46 | 1530 | 18 | 7 | 8 | 15,5 | 0,01399 | 0,00018 | -0,5 | 7,5 | 14,40 |

| Abertura del tamiz (mm) | Tamiz N° | Retenido (gr) | Pasante (gr) | % Pasante |
|-------------------------|----------|---------------|--------------|-----------|
| 0,425 | 40 | 1,5 | 48,5 | 97 |
| 0,15 | 100 | 1,0 | 47,5 | 95 |
| 0,075 | 200 | 1,5 | 46 | 92 |
| | Fondo | | | |



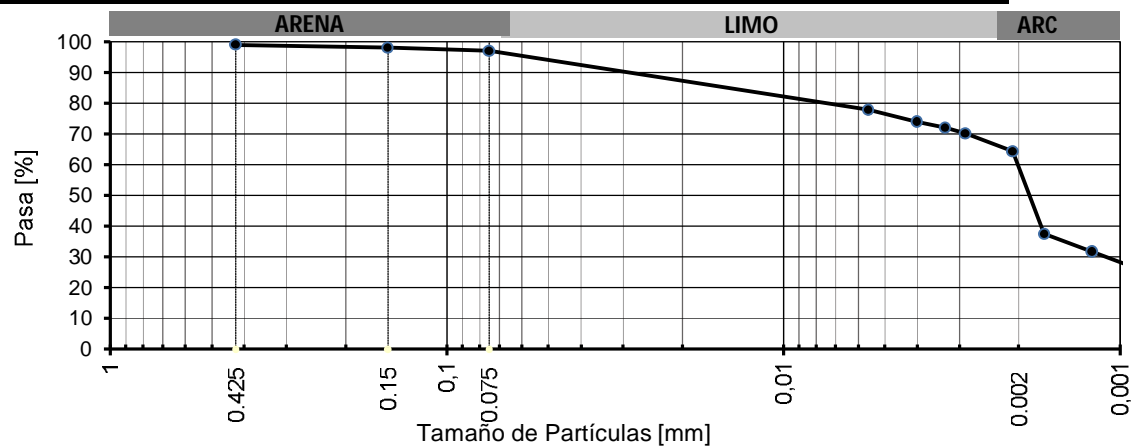
Granulometría por Sedimentación

Proyecto: Estabilización de suelos con silicatos **Fecha:** 30/05/13
Ubicación: Campus UCC
Operador: Perret, Henry-Vigilante, Nicolás
Tipo de Suelo: Limo
Pozo: PCA-3 **Profundidad:** 3,0 m
Muestra: M1

| | | | | |
|---------------------|-------|---------------------|------|------------|
| W_{SS} : | 50 gr | G_s : | 2,65 | - |
| Corrección menisco: | 1 | Corrección de cero: | 5 | a : 0,96 |

| Fecha | Hora de lectura | Tiempo (Min) | Temperatura °C | Lectura real (gr) | Lectura corregida por menisco | Distancia de caída (cm) | Factor | Diámetro (mm) | Factor por temperatura | Lectura corregida (gr) | % tamaño inferior |
|--------|-----------------|--------------|----------------|-------------------|-------------------------------|-------------------------|---------|---------------|------------------------|------------------------|-------------------|
| 30-may | 13:39 | 1 | 18 | 32 | 33 | 9,6 | 0,01399 | 0,00560 | -0,5 | 32,5 | 62,40 |
| 30-may | 13:40 | 2 | 18 | 29 | 30 | 9,9 | 0,01399 | 0,00402 | -0,5 | 29,5 | 56,64 |
| 30-may | 13:41 | 3 | 18 | 26 | 27 | 10,1 | 0,01399 | 0,00331 | -0,5 | 26,5 | 50,88 |
| 30-may | 13:42 | 4 | 18 | 24 | 25 | 10,2 | 0,01399 | 0,00288 | -0,5 | 24,5 | 47,04 |
| 30-may | 13:46 | 8 | 18 | 20 | 21 | 10,7 | 0,01399 | 0,00209 | -0,5 | 20,5 | 39,36 |
| 30-may | 13:53 | 15 | 18 | 17 | 18 | 13,0 | 0,01399 | 0,00168 | -0,5 | 17,5 | 33,60 |
| 30-may | 14:08 | 30 | 18 | 15 | 16 | 13,5 | 0,01399 | 0,00121 | -0,5 | 15,5 | 29,76 |
| 30-may | 14:38 | 60 | 18 | 12 | 13 | 14,0 | 0,01399 | 0,00087 | -0,5 | 12,5 | 24,00 |
| 30-may | 13:47 | 1530 | 18 | 6 | 7 | 15,5 | 0,01399 | 0,00018 | -0,5 | 6,5 | 12,48 |

| Abertura del tamiz (mm) | Tamiz Nº | Retenido (gr) | Pasante (gr) | % Pasante |
|-------------------------|----------|---------------|--------------|-----------|
| 0,425 | 40 | 0,0 | 50 | 100 |
| 0,15 | 100 | 0,5 | 49,5 | 99 |
| 0,075 | 200 | 0,5 | 49 | 98 |
| | Fondo | | | |



Determinación del límite líquido y límite plástico

Proyecto: Estabilización de suelos con silicatos

Fecha: 03/05/13

Ubicación: Campus UCC

Operador: Perret, Henry-Vigilante, Nicolás

Tipo de Suelo: Limo

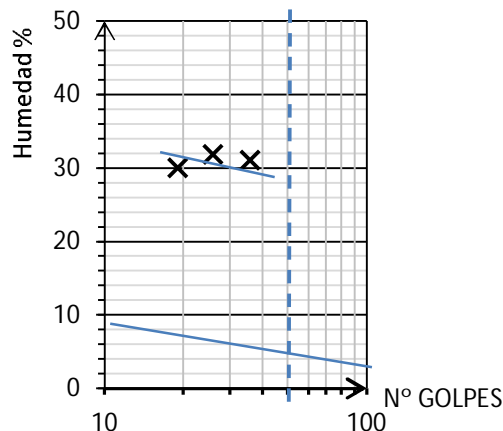
Pozo: PCA-1

Muestra: M1

Profundidad: 0,00

| LÍMITE LÍQUIDO $\omega_{LL}\%$ | | | |
|---------------------------------------|-------------|-------------|-------------|
| Punto: | 1 (10 a 20) | 2 (20 a 30) | 3 (30 a 40) |
| Nº de golpes: | 19 | 26 | 36 |
| Pesafiltro Nº: | 2 | 1 | 3 |
| P_{fi} : | 4,0 gr | 4,0 gr | 4,0 gr |
| $P_{fi} + W_{sh}$: | 23,5 gr | 18,5 gr | 23,0 gr |
| $P_{fi} + W_{ss}$: | 19,0 gr | 15,0 gr | 18,5 gr |
| W_w : | 4,5 gr | 3,5 gr | 4,5 gr |
| W_{ss} : | 15,0 gr | 11,0 gr | 14,5 gr |
| $\omega\%$: | 30,0 % | 31,8 % | 31,0 % |
| $\omega_{LL}\%$: | 29,0 % | 32,0 % | 32,4 % |

PROMEDIO: 31,1 %



$$\omega_{LL}\% = \omega\% * \left(\frac{N}{25}\right)^{0.121}$$

Límite líquido: 31,1%

Límite plástico: 18,9%

Índice de plasticidad: 12,2%

| Clasificación del Suelo | |
|-------------------------|--------|
| SUCS | AASTHO |
| CL | A-6 |

| LÍMITE PLÁSTICO $\omega_{LP}\%$ | |
|--|---------|
| Pesafiltro Nº: | 0 |
| P_{fi} : | 4 gr |
| $P_{fi} + W_{sh}$: | 26 gr |
| $P_{fi} + W_{ss}$: | 22,5 gr |
| W_w : | 3,5 gr |
| W_{ss} : | 18,5 gr |
| $\omega_{LP}\%$: | 18,9 % |

Nomenclatura:

P_{fi} : Peso del pesafiltro vacío y limpio, gr.

W_{sh} : Peso del suelo húmedo, gr.

W_{ss} : Peso del suelo seco, gr.

W_w : Peso del agua, gr.

$\omega\%$: Porcentaje de humedad.

Determinación del límite líquido y límite plástico

Proyecto: Estabilización de suelos con silicatos

Fecha: 03/05/13

Ubicación: Campus UCC

Operador: Perret, Henry-Vigilante, Nicolás

Tipo de Suelo: Limo

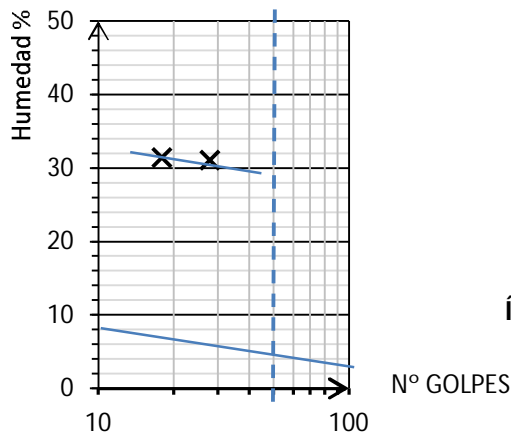
Pozo: PCA-1

Muestra: M2

Profundidad: 0,60

| LÍMITE LÍQUIDO $\omega_{LL}\%$ | | | |
|---------------------------------------|-------------|-------------|-------------|
| Punto: | 1 (10 a 20) | 2 (20 a 30) | 3 (30 a 40) |
| Nº de golpes: | 18 | 28 | 35 |
| Pesafiltro Nº: | 4 | 5 | 6 |
| P_{fi} : | 4,0 gr | 4,0 gr | 4,0 gr |
| $P_{fi} + W_{sh}$: | 27,0 gr | 23,0 gr | 23,0 gr |
| $P_{fi} + W_{ss}$: | 21,5 gr | 18,5 gr | 18,5 gr |
| W_w : | 5,5 gr | 4,5 gr | 4,5 gr |
| W_{ss} : | 17,5 gr | 14,5 gr | 14,5 gr |
| $\omega\%$: | 31,4 % | 31,0 % | 31,0 % |
| $\omega_{LL}\%$: | 30,2 % | 31,5 % | 32,3 % |

PROMEDIO: 30,8 %



$$\omega_{LL}\% = \omega\% * \left(\frac{N}{25}\right)^{0.121}$$

Límite líquido: 30,8%

Límite plástico: 22,2%

Índice de plasticidad: 8,6%

| Clasificación del Suelo | |
|-------------------------|--------|
| SUCS | AASTHO |
| ML | A-4 |

| LÍMITE PLÁSTICO $\omega_{LP}\%$ | |
|--|---------|
| Pesafiltro Nº: | 5 |
| P_{fi} : | 4,0 gr |
| $P_{fi} + W_{sh}$: | 26,0 gr |
| $P_{fi} + W_{ss}$: | 22,0 gr |
| W_w : | 4,0 gr |
| W_{ss} : | 18,0 gr |
| $\omega_{LP}\%$: | 22,2 % |

Nomenclatura:

P_{fi} : Peso del pesafiltro vacío y limpio, gr.

W_{sh} : Peso del suelo húmedo, gr.

W_{ss} : Peso del suelo seco, gr.

W_w : Peso del agua, gr.

$\omega\%$: Porcentaje de humedad.

Determinación del límite líquido y límite plástico

Proyecto: Estabilización de suelos con silicatos

Fecha: 03/05/13

Ubicación: Campus UCC

Operador: Perret, Henry-Vigilante, Nicolás

Tipo de Suelo: Limo

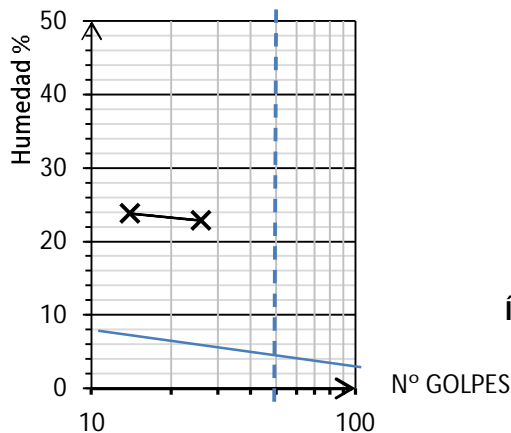
Pozo: PCA-1

Muestra: M3

Profundidad: 1,00

| LÍMITE LÍQUIDO $\omega_{LL}\%$ | | | |
|--------------------------------|-------------|-------------|-------------|
| Punto: | 1 (10 a 20) | 2 (20 a 30) | 3 (30 a 40) |
| Nº de golpes: | 14 | 26 | 31 |
| Pesafiltro Nº: | 1 | 2 | 3 |
| P_{fi} : | 4,0 gr | 4,0 gr | 4,0 gr |
| $P_{fi} + W_{sh}$: | 30,0 gr | 25,5 gr | 25,5 gr |
| $P_{fi} + W_{ss}$: | 25,0 gr | 21,5 gr | 21,0 gr |
| W_w : | 5,0 gr | 4,0 gr | 4,5 gr |
| W_{ss} : | 21,0 gr | 17,5 gr | 17,0 gr |
| $\omega\%$: | 23,8 % | 22,9 % | 26,5 % |
| $\omega_{LL}\%$: | 22,2 % | 23,0 % | 27,2 % |

PROMEDIO: 22,6 %



$$\omega_{LL}\% = \omega\% * \left(\frac{N}{25}\right)^{0.121}$$

Límite líquido: 22,6%

Límite plástico: 20,0%

Índice de plasticidad: 2,6%

| Clasificación del Suelo | |
|-------------------------|--------|
| SUCS | AASTHO |
| ML | A-4 |

| LÍMITE PLÁSTICO $\omega_{LP}\%$ | |
|---------------------------------|---------|
| Pesafiltro Nº: | 4 |
| P_{fi} : | 4,0 gr |
| $P_{fi} + W_{sh}$: | 28,0 gr |
| $P_{fi} + W_{ss}$: | 24,0 gr |
| W_w : | 4,0 gr |
| W_{ss} : | 20,0 gr |
| $\omega_{LP}\%$: | 20,0 % |

Nomenclatura:

P_{fi} : Peso del pesafiltro vacío y limpio, gr.

W_{sh} : Peso del suelo húmedo, gr.

W_{ss} : Peso del suelo seco, gr.

W_w : Peso del agua, gr.

$\omega\%$: Porcentaje de humedad.

Determinación del límite líquido y límite plástico

Proyecto: Estabilización de suelos con silicatos

Fecha: 13/05/13

Ubicación: Campus UCC

Operador: Perret, Henry-Vigilante, Nicolás

Tipo de Suelo: Limo

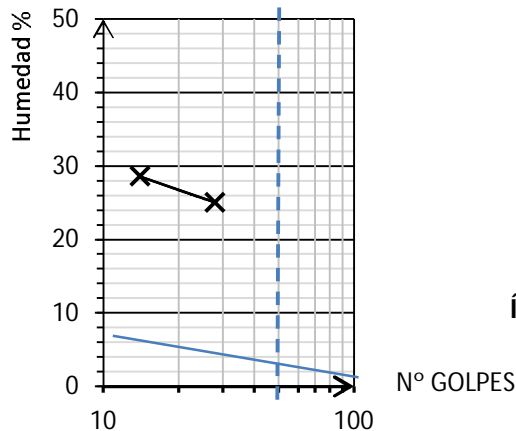
Pozo: PCA-2

Muestra: M1

Profundidad: 0,00

| LÍMITE LÍQUIDO $\omega_{LL}\%$ | | | |
|--------------------------------|-------------|-------------|-------------|
| Punto: | 1 (10 a 20) | 2 (20 a 30) | 3 (30 a 40) |
| Nº de golpes: | 14 | 28 | 32 |
| Pesafiltro Nº: | 99 | x | j |
| P_{fi} : | 4,0 gr | 4,0 gr | 4,0 gr |
| $P_{fi} + W_{sh}$: | 22,0 gr | 19,0 gr | 19,5 gr |
| $P_{fi} + W_{ss}$: | 18,0 gr | 16,0 gr | 16,0 gr |
| W_w : | 4,0 gr | 3,0 gr | 3,5 gr |
| W_{ss} : | 14,0 gr | 12,0 gr | 12,0 gr |
| $\omega\%$: | 28,6 % | 25,0 % | 29,2 % |
| $\omega_{LL}\%$: | 26,6 % | 25,3 % | 30,1 % |

PROMEDIO: 26,0 %



$$\omega_{LL}\% = \omega\% * \left(\frac{N}{25}\right)^{0.121}$$

Límite líquido: 26,0%

Límite plástico: 20,6%

Índice de plasticidad: 5,4%

| Clasificación del Suelo | |
|-------------------------|--------|
| SUCS | AASTHO |
| CL-ML * | A-4 |

| LÍMITE PLÁSTICO $\omega_{LP}\%$ | |
|---------------------------------|----------|
| Pesafiltro Nº: | 4 |
| P_{fi} : | 354,0 gr |
| $P_{fi} + W_{sh}$: | 374,5 gr |
| $P_{fi} + W_{ss}$: | 371,0 gr |
| W_w : | 3,5 gr |
| W_{ss} : | 17,0 gr |
| $\omega_{LP}\%$: | 20,6 % |

Nomenclatura:

P_{fi} : Peso del pesafiltro vacío y limpio, gr.

W_{sh} : Peso del suelo húmedo, gr.

W_{ss} : Peso del suelo seco, gr.

W_w : Peso del agua, gr.

$\omega\%$: Porcentaje de humedad.

* Bajo experiencia de laboratorio se determinó que es un suelo tipo ML

Determinación del límite líquido y límite plástico

Proyecto: Estabilización de suelos con silicatos

Fecha: 13/05/13

Ubicación: Campus UCC

Operador: Perret, Henry-Vigilante, Nicolás

Tipo de Suelo: Limo

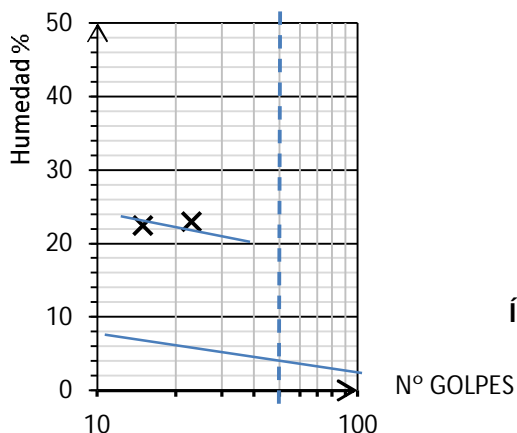
Pozo: PCA-3

Muestra: M1

Profundidad: 3,00

| LÍMITE LÍQUIDO $\omega_{LL}\%$ | | | |
|--------------------------------|-------------|-------------|-------------|
| Punto: | 1 (10 a 20) | 2 (20 a 30) | 3 (30 a 40) |
| Nº de golpes: | 15 | 23 | 31 |
| Pesafiltro Nº: | 1 | 4 | 6 |
| P_{fi} : | 4,0 gr | 4,0 gr | 4,0 gr |
| $P_{fi} + W_{sh}$: | 34,0 gr | 38,5 gr | 41,5 gr |
| $P_{fi} + W_{ss}$: | 28,5 gr | 32,5 gr | 34,5 gr |
| W_w : | 5,5 gr | 6,0 gr | 7,0 gr |
| W_{ss} : | 24,5 gr | 28,5 gr | 30,5 gr |
| $\omega\%$: | 22,4 % | 21,1 % | 23,0 % |
| $\omega_{LL}\%$: | 21,1 % | 20,8 % | 23,6 % |

PROMEDIO: 22,3 %



$$\omega_{LL}\% = \omega\% * \left(\frac{N}{25}\right)^{0.121}$$

Límite líquido: 22,3%

Límite plástico: 18,9%

Índice de plasticidad: 3,4%

| Clasificación del Suelo | |
|-------------------------|--------|
| SUCS | AASTHO |
| ML | A-4 |

| LÍMITE PLÁSTICO $\omega_{LP}\%$ | |
|---------------------------------|---------|
| Pesafiltro Nº: | 12 |
| P_{fi} : | 4,0 gr |
| $P_{fi} + W_{sh}$: | 26,0 gr |
| $P_{fi} + W_{ss}$: | 22,5 gr |
| W_w : | 3,5 gr |
| W_{ss} : | 18,5 gr |
| $\omega_{LP}\%$: | 18,9 % |

Nomenclatura:

P_{fi} : Peso del pesafiltro vacío y limpio, gr.

W_{sh} : Peso del suelo húmedo, gr.

W_{ss} : Peso del suelo seco, gr.

W_w : Peso del agua, gr.

$\omega\%$: Porcentaje de humedad.

Determinación de sales totales solubles

Proyecto: Estabilización de suelos con silicatos

Fecha: 29/04/13

Ubicación: Campus UCC

Operador: Perret, Henry-Vigilante, Nicolás

Tipo de Suelo: Limo

Pozo: PCA-1

| ETAPA A | | | | |
|----------------------|------------|------------|------------|----|
| Muestra N°: | M1 | M2 | M3 | |
| Pozo | PCA-1 | PCA-1 | PCA-1 | |
| Profundidad: | 0,00 | 0,60 | 1,00 | |
| W _{ss} [gr] | 159,0 | 100,0 | 100,0 | |
| Agua Dest. [gr] | 500,0 | 500,0 | 500,0 | |
| Día Inicio: | 29/04/2013 | 29/04/2014 | 29/04/2014 | |
| Día Fin: | 30/04/2013 | 30/04/2013 | 30/04/2013 | |
| Flocula | Si | - | - | - |
| | No | X | X | X |
| % de Sal soluble | | NC | NC | NC |

| ETAPA B: Solo en caso que flocule | | | | |
|--|--|--|--|--|
| Muestra N°: | | | | |
| Pozo | | | | |
| Profundidad: | | | | |
| Pesafiltro N°: | | | | |
| P _f [gr]: | | | | |
| Sal+W _w +P _f [gr]: | | | | |
| Sal+P _f [gr]: | | | | |
| Sal [gr]: | | | | |
| Sal [%] | | | | |

Nomenclatura:

P_f Peso del pesafiltro vacío y limpio, gr.

W_{ss} Peso del suelo seco, gr.

W_w Peso del agua, gr.

Determinación de sales totales solubles

Proyecto: Estabilización de suelos con silicatos

Fecha: 29/04/13

Ubicación: Campus UCC

Operador: Perret, Henry-Vigilante, Nicolás

Tipo de Suelo: Limo

Pozo: PCA-2

| ETAPA A | | | |
|----------------------|------------|----|--|
| Muestra N°: | M1 | | |
| Pozo | PCA-2 | | |
| Profundidad: | 0,00 | | |
| W _{ss} [gr] | 159,0 | | |
| Agua Dest. [gr] | 500,0 | | |
| Día Inicio: | 29/04/2013 | | |
| Día Fin: | 30/04/2013 | | |
| Flocula | Si | - | |
| | No | X | |
| % de Sal soluble | | NC | |

| ETAPA B: Solo en caso que flocule | | | |
|--|--|--|--|
| Muestra N°: | | | |
| Pozo | | | |
| Profundidad: | | | |
| Pesafiltro N°: | | | |
| P _f [gr]: | | | |
| Sal+W _w +P _f [gr]: | | | |
| Sal+P _f [gr]: | | | |
| Sal [gr]: | | | |
| Sal [%] | | | |

Nomenclatura:

P_f Peso del pesafiltro vacío y limpio, gr.

W_{ss} Peso del suelo seco, gr.

W_w Peso del agua, gr.

Determinación de sales totales solubles

Proyecto: Estabilización de suelos con silicatos

Fecha: 29/04/13

Ubicación: Campus UCC

Operador: Perret, Henry-Vigilante, Nicolás

Tipo de Suelo: Limo

Pozo: PCA-3

| ETAPA A | | | |
|----------------------|------------|----|--|
| Muestra N°: | M1 | | |
| Pozo | PCA-3 | | |
| Profundidad: | 3,00 | | |
| W _{ss} [gr] | 113,5 | | |
| Agua Dest. [gr] | 500,0 | | |
| Día Inicio: | 29/04/2013 | | |
| Día Fin: | 30/04/2013 | | |
| Flocula | Si | - | |
| | No | X | |
| % de Sal soluble | | NC | |

| ETAPA B: Solo en caso que flocule | | | |
|--|--|--|--|
| Muestra N°: | | | |
| Pozo | | | |
| Profundidad: | | | |
| Pesafiltro N°: | | | |
| P _f [gr]: | | | |
| Sal+W _w +P _f [gr]: | | | |
| Sal+P _f [gr]: | | | |
| Sal [gr]: | | | |
| Sal [%] | | | |

Nomenclatura:

P_f Peso del pesafiltro vacío y limpio, gr.

W_{ss} Peso del suelo seco, gr.

W_w Peso del agua, gr.

Compactación Proctor (Estandar)

Proyecto: Estabilización de suelos con silicatos

Fecha: 08/09/13

Ubicación: Campus UCC

Operador: Perret, Henry-Vigilante, Nicolás

Tipo de Suelo: Limo

Pozo: PCA-1

Muestra: M1

Profundidad: 0,00 m

Dimensiones del molde:

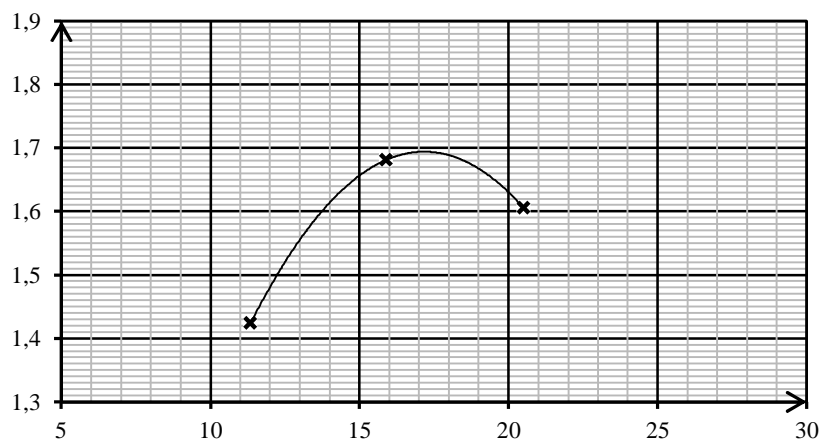
ϕ : 10,16 cm

h : 11,64 cm

A_0 : 81,07 cm²

V_m : 943,69 cm³

| HUMEDAD | | | | |
|-------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|--|
| Muestra N°: | 1 | 2 | 3 | |
| Pesafiltro N°: | 11 | 6 | 16 | |
| P_{fi} | 335,5 gr | 355,0 gr | 331,0 gr | |
| $P_{fi} + W_{sh}$ | 414,0 gr | 442,5 gr | 475,0 gr | |
| $P_{fi} + W_{ss}$ | 406,0 gr | 430,5 gr | 450,5 gr | |
| W_w | 8,0 gr | 12,0 gr | 24,5 gr | |
| W_{ss} | 70,5 gr | 75,5 gr | 119,5 gr | |
| $\omega\%$ | 11,3 % | 15,9 % | 20,5 % | |
| PESO UNITARIO | | | | |
| W_{mp} | 3066,0 gr | 3066,0 gr | 3066,0 gr | |
| $W_{mp} + W_{sh}$ | 4562,0 gr | 4904,5 gr | 4892,0 gr | |
| W_{shp} | 1496,0 gr | 1838,5 gr | 1826,0 gr | |
| γ_{sh} | 1,59 gr/cm ³ | 1,95 gr/cm ³ | 1,93 gr/cm ³ | |
| γ_{ss} | 1,42 gr/cm ³ | 1,68 gr/cm ³ | 1,61 gr/cm ³ | |



$$\omega_{opt} = 15,9 \%$$

$$\gamma_{max} = 1,68 \text{ gr/cm}^3$$

$\omega\%$

Nomenclatura:

ϕ : Diámetro del molde, cm.

h : Altura del molde, cm.

P_{fi} Peso del pesafiltro vacío y limpio, gr.

W_{sh} Peso del suelo húmedo, gr.

W_{ss} Peso del suelo seco, gr.

W_w Peso del suelo húmedo, gr.

$\omega\%$: Porcentaje de humedad.

W_{mp} : Peso del molde, gr.

W_{shp} : Peso del suelo en el molde, gr.

γ_{sh} : Peso unitario húmedo, gr/cm³.

γ_{ss} : Peso unitario seco, gr/cm³.

Compactación Proctor (Estandar)

Proyecto: Estabilización de suelos con silicatos

Fecha: 08/09/13

Ubicación: Campus UCC

Operador: Perret, Henry-Vigilante, Nicolás

Tipo de Suelo: Limo

Pozo: PCA-1

Muestra: M2

Profundidad: 0,60 m

Dimensiones del molde:

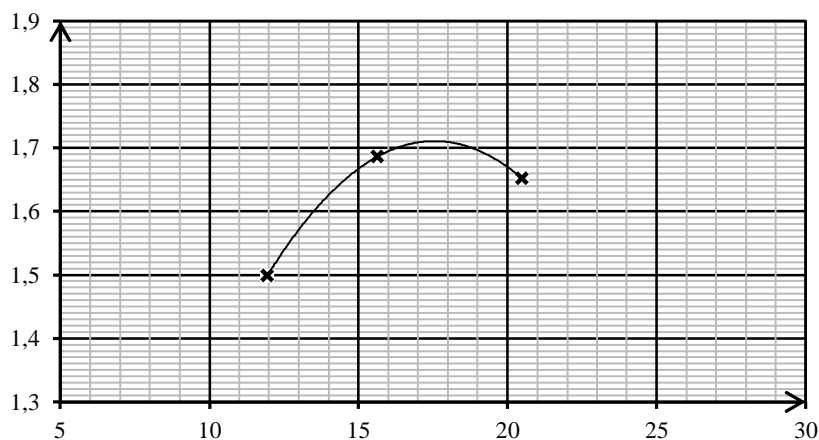
ϕ : 10,16 cm

h : 11,64 cm

A_0 : 81,07 cm²

V_m : 943,69 cm³

| HUMEDAD | | | | |
|-------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|--|
| Muestra N°: | 1 | 2 | 3 | |
| Pesafiltro N°: | 5 | 14 | 1 | |
| P_{fi} | 348,0 gr | 347,5 gr | 343,0 gr | |
| $P_{fi} + W_{sh}$ | 385,5 gr | 403,0 gr | 440,0 gr | |
| $P_{fi} + W_{ss}$ | 381,5 gr | 395,5 gr | 423,5 gr | |
| W_w | 4,0 gr | 7,5 gr | 16,5 gr | |
| W_{ss} | 33,5 gr | 48,0 gr | 80,5 gr | |
| $\omega\%$ | 11,9 % | 15,6 % | 20,5 % | |
| PESO UNITARIO | | | | |
| W_{mp} | 3066,0 gr | 3066,0 gr | 3066,0 gr | |
| $W_{mp} + W_{sh}$ | 4649,0 gr | 4905,5 gr | 4944,5 gr | |
| W_{shp} | 1583,0 gr | 1839,5 gr | 1878,5 gr | |
| γ_{sh} | 1,68 gr/cm ³ | 1,95 gr/cm ³ | 1,99 gr/cm ³ | |
| γ_{ss} | 1,50 gr/cm ³ | 1,69 gr/cm ³ | 1,65 gr/cm ³ | |



$$\omega_{opt} = 15,6 \%$$

$$\gamma_{max} = 1,69 \text{ gr/cm}^3$$

$\omega\%$

Nomenclatura:

ϕ : Diámetro del molde, cm.

h : Altura del molde, cm.

P_{fi} Peso del pesafiltro vacío y limpio, gr.

W_{sh} Peso del suelo húmedo, gr.

W_{ss} Peso del suelo seco, gr.

W_w Peso del suelo húmedo, gr.

$\omega\%$: Porcentaje de humedad.

W_{mp} : Peso del molde, gr.

W_{shp} : Peso del suelo en el molde, gr.

γ_{sh} : Peso unitario húmedo, gr/cm³.

γ_{ss} : Peso unitario seco, gr/cm³.

Compactación Proctor (Estandar)

Proyecto: Estabilización de suelos con silicatos

Fecha: 08/09/13

Ubicación: Campus UCC

Operador: Perret, Henry-Vigilante, Nicolás

Tipo de Suelo: Limo

Pozo: PCA-1

Muestra: M3

Profundidad: 1,00 m

Dimensiones del molde:

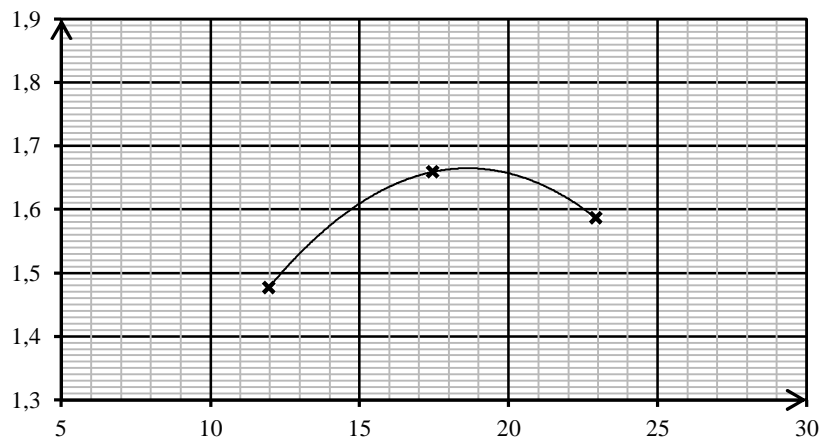
ϕ : 10,16 cm

h : 11,64 cm

A_0 : 81,07 cm²

V_m : 943,69 cm³

| HUMEDAD | | | | |
|-------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|--|
| Muestra N°: | 1 | 2 | 3 | |
| Pesafiltro N°: | 1 | 3 | 7 | |
| P_{fi} | 343,0 gr | 328,5 gr | 342,5 gr | |
| $P_{fi} + W_{sh}$ | 446,0 gr | 513,5 gr | 447,0 gr | |
| $P_{fi} + W_{ss}$ | 435,0 gr | 486,0 gr | 427,5 gr | |
| W_w | 11,0 gr | 27,5 gr | 19,5 gr | |
| W_{ss} | 92,0 gr | 157,5 gr | 85,0 gr | |
| $\omega\%$ | 12,0 % | 17,5 % | 22,9 % | |
| PESO UNITARIO | | | | |
| W_{mp} | 3066,0 gr | 3066,0 gr | 3066,0 gr | |
| $W_{mp} + W_{sh}$ | 4626,0 gr | 4905,0 gr | 4906,5 gr | |
| W_{shp} | 1560,0 gr | 1839,0 gr | 1840,5 gr | |
| γ_{sh} | 1,65 gr/cm ³ | 1,95 gr/cm ³ | 1,95 gr/cm ³ | |
| γ_{ss} | 1,48 gr/cm ³ | 1,66 gr/cm ³ | 1,59 gr/cm ³ | |



$$\omega_{opt} = 17,5 \%$$

$$\gamma_{max} = 1,66 \text{ gr/cm}^3$$

$\omega\%$

Nomenclatura:

ϕ : Diámetro del molde, cm.

h : Altura del molde, cm.

P_{fi} Peso del pesafiltro vacío y limpio, gr.

W_{sh} Peso del suelo húmedo, gr.

W_{ss} Peso del suelo seco, gr.

W_w Peso del suelo húmedo, gr.

$\omega\%$: Porcentaje de humedad.

W_{mp} : Peso del molde, gr.

W_{shp} : Peso del suelo en el molde, gr.

γ_{sh} : Peso unitario húmedo, gr/cm³.

γ_{ss} : Peso unitario seco, gr/cm³.

Compactación Proctor (Estandar)

Proyecto: Estabilización de suelos con silicatos

Fecha: 08/09/13

Ubicación: Campus UCC

Operador: Perret, Henry-Vigilante, Nicolás

Tipo de Suelo: Limo

Pozo: PCA-2

Muestra: M1

Profundidad: 0,00 m

Dimensiones del molde:

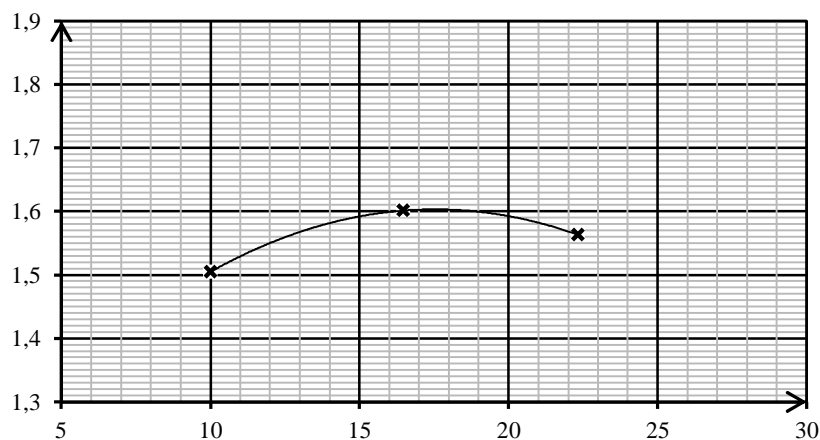
ϕ : 10,16 cm

h : 11,64 cm

A_0 : 81,07 cm²

V_m : 943,69 cm³

| HUMEDAD | | | | |
|-------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|--|
| Muestra N°: | 1 | 2 | 3 | |
| Pesafiltro N°: | 12 | 2 | 14 | |
| P_{fi} | 345,5 gr | 346,5 gr | 347,5 gr | |
| $P_{fi} + W_{sh}$ | 455,5 gr | 445,5 gr | 479,0 gr | |
| $P_{fi} + W_{ss}$ | 445,5 gr | 431,5 gr | 455,0 gr | |
| W_w | 10,0 gr | 14,0 gr | 24,0 gr | |
| W_{ss} | 100,0 gr | 85,0 gr | 107,5 gr | |
| $\omega\%$ | 10,0 % | 16,5 % | 22,3 % | |
| PESO UNITARIO | | | | |
| W_{mp} | 3066,0 gr | 3066,0 gr | 3066,0 gr | |
| $W_{mp} + W_{sh}$ | 4628,0 gr | 4826,0 gr | 4870,5 gr | |
| W_{shp} | 1562,0 gr | 1760,0 gr | 1804,5 gr | |
| γ_{sh} | 1,66 gr/cm ³ | 1,87 gr/cm ³ | 1,91 gr/cm ³ | |
| γ_{ss} | 1,50 gr/cm ³ | 1,60 gr/cm ³ | 1,56 gr/cm ³ | |



ω_{opt} = 16,5 %

γ_{max} = 1,60 gr/cm³

$\omega\%$

Nomenclatura:

ϕ : Diámetro del molde, cm.

h : Altura del molde, cm.

P_{fi} Peso del pesafiltro vacío y limpio, gr.

W_{sh} Peso del suelo húmedo, gr.

W_{ss} Peso del suelo seco, gr.

W_w Peso del suelo húmedo, gr.

$\omega\%$: Porcentaje de humedad.

W_{mp} : Peso del molde, gr.

W_{shp} : Peso del suelo en el molde, gr.

γ_{sh} : Peso unitario húmedo, gr/cm³.

γ_{ss} : Peso unitario seco, gr/cm³.

Compactación Proctor (Estandar)

Proyecto: Estabilización de suelos con silicatos

Fecha: 08/09/13

Ubicación: Campus UCC

Operador: Perret, Henry-Vigilante, Nicolás

Tipo de Suelo: Limo

Pozo: PCA-3

Muestra: M1

Profundidad: 3,00 m

Dimensiones del molde:

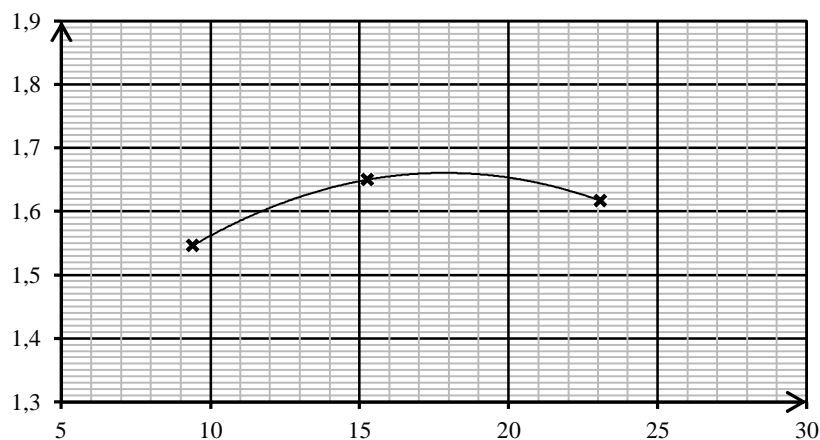
ϕ : 10,16 cm

h : 11,64 cm

A_0 : 81,07 cm²

V_m : 943,69 cm³

| HUMEDAD | | | | |
|-------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|--|
| Muestra N°: | 1 | 2 | 3 | |
| Pesafiltro N°: | 12 | 2 | 14 | |
| P_{fi} | 4,0 gr | 4,0 gr | 4,0 gr | |
| $P_{fi} + W_{sh}$ | 50,5 gr | 45,5 gr | 52,0 gr | |
| $P_{fi} + W_{ss}$ | 46,5 | 40,0 gr | 43,0 gr | |
| W_w | 4,0 gr | 5,5 gr | 9,0 gr | |
| W_{ss} | 42,5 gr | 36,0 gr | 39,0 gr | |
| $\omega\%$ | 9,4 % | 15,3 % | 23,1 % | |
| PESO UNITARIO | | | | |
| W_{mp} | 3066,0 gr | 3066,0 gr | 3066,0 gr | |
| $W_{mp} + W_{sh}$ | 4662,5 gr | 4861,0 gr | 4944,0 gr | |
| W_{shp} | 1596,5 gr | 1795,0 gr | 1878,0 gr | |
| γ_{sh} | 1,69 gr/cm ³ | 1,90 gr/cm ³ | 1,99 gr/cm ³ | |
| γ_{ss} | 1,55 gr/cm ³ | 1,65 gr/cm ³ | 1,62 gr/cm ³ | |



ω_{opt} = 15,3 %

γ_{max} = 1,65 gr/cm³

Nomenclatura:

ϕ : Diámetro del molde, cm.

h : Altura del molde, cm.

P_{fi} Peso del pesafiltro vacío y limpio, gr.

W_{sh} Peso del suelo húmedo, gr.

W_{ss} Peso del suelo seco, gr.

W_w Peso del suelo húmedo, gr.

$\omega\%$: Porcentaje de humedad.

W_{mp} : Peso del molde, gr.

W_{shp} : Peso del suelo en el molde, gr.

γ_{sh} : Peso unitario húmedo, gr/cm³.

γ_{ss} : Peso unitario seco, gr/cm³.

Compactación Proctor (Modificado)

Proyecto: Estabilización de suelos con silicatos

Fecha: 08/09/13

Ubicación: Campus U.C.C

Operador: Perret, Henry-Vigilante, Nicolás

Tipo de Suelo: Limo

Pozo: PCA-1

Muestra: M1

Profundidad: 0,00 m

Dimensiones del molde:

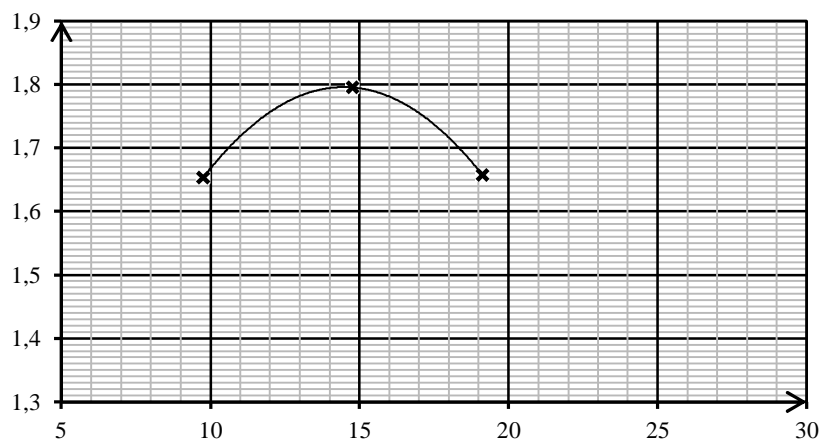
ϕ : 15,24 cm

h : 11,64 cm

A_0 : 182,41 cm²

V_m : 2123,31 cm³

| HUMEDAD | | | | |
|-------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|--|
| Muestra N°: | 1 | 2 | 3 | |
| Pesafiltro N°: | 16 | 1 | 16 | |
| P_{fi} | 331 gr | 343 gr | 355 gr | |
| $P_{fi} + W_{sh}$ | 421 gr | 444 gr | 464 gr | |
| $P_{fi} + W_{ss}$ | 413 gr | 431 gr | 446,5 gr | |
| W_w | 8 gr | 13 gr | 17,5 gr | |
| W_{ss} | 82 gr | 88 gr | 91,5 gr | |
| $\omega\%$ | 9,76 % | 14,77 % | 19,13 % | |
| PESO UNITARIO | | | | |
| W_{mp} | 5287 gr | 5287 gr | 5287 gr | |
| $W_{mp} + W_{sh}$ | 9139,5 gr | 9662 gr | 9479 gr | |
| W_{shp} | 3852,5 gr | 4375,0 gr | 4192,0 gr | |
| γ_{sh} | 1,81 gr/cm ³ | 2,06 gr/cm ³ | 1,97 gr/cm ³ | |
| γ_{ss} | 1,65 gr/cm ³ | 1,80 gr/cm ³ | 1,66 gr/cm ³ | |



$$\omega_{opt} = 14,8 \%$$

$$\gamma_{max} = 1,80 \text{ gr/cm}^3$$

$\omega\%$

Nomenclatura:

ϕ : Diámetro del molde, cm.

h : Altura del molde, cm.

P_{fi} Peso del pesafiltro vacío y limpio, gr.

W_{sh} Peso del suelo húmedo, gr.

W_{ss} Peso del suelo seco, gr.

W_w Peso del suelo húmedo, gr.

$\omega\%$: Porcentaje de humedad.

W_{mp} : Peso del molde, gr.

W_{shp} : Peso del suelo en el molde, gr.

γ_{sh} : Peso unitario húmedo, gr/cm³.

γ_{ss} : Peso unitario seco, gr/cm³.

Compactación Proctor (Modificado)

Proyecto: Estabilización de suelos con silicatos

Fecha: 08/09/13

Ubicación: Campus UCC

Operador: Perret, Henry-Vigilante, Nicolás

Tipo de Suelo: Limo

Pozo: PCA-1

Muestra: M2

Profundidad: 0,60 m

Dimensiones del molde:

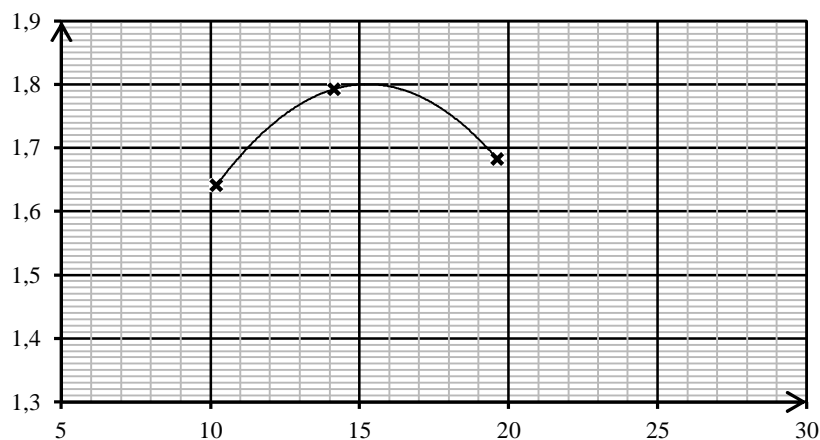
ϕ : 15,24 cm

h : 11,64 cm

A_0 : 182,41 cm²

V_m : 2123,31 cm³

| HUMEDAD | | | | |
|-------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|--|
| Muestra N°: | 1 | 2 | 3 | |
| Pesafiltro N°: | 5 | 19 | 3 | |
| P_{fi} | 335,50 gr | 346,50 gr | 345,50 gr | |
| $P_{fi} + W_{sh}$ | 449,00 gr | 467,50 gr | 534,50 gr | |
| $P_{fi} + W_{ss}$ | 438,50 gr | 452,50 gr | 503,50 gr | |
| W_w | 10,50 gr | 15,00 gr | 31,00 gr | |
| W_{ss} | 103,00 gr | 106,00 gr | 158,00 gr | |
| $\omega\%$ | 10,19 % | 14,15 % | 19,62 % | |
| PESO UNITARIO | | | | |
| W_{mp} | 5287,00 gr | 5287,00 gr | 5287,00 gr | |
| $W_{mp} + W_{sh}$ | 9125,50 gr | 9632,00 gr | 9561,00 gr | |
| W_{shp} | 3838,50 gr | 4345,00 gr | 4274,00 gr | |
| γ_{sh} | 1,81 gr/cm ³ | 2,05 gr/cm ³ | 2,01 gr/cm ³ | |
| γ_{ss} | 1,64 gr/cm ³ | 1,79 gr/cm ³ | 1,68 gr/cm ³ | |



$$\omega_{opt} = 14,15 \%$$

$$\gamma_{max} = 1,79 \text{ gr/cm}^3$$

$\omega\%$

Nomenclatura:

ϕ : Diámetro del molde, cm.

h : Altura del molde, cm.

P_{fi} Peso del pesafiltro vacío y limpio, gr.

W_{sh} Peso del suelo húmedo, gr.

W_{ss} Peso del suelo seco, gr.

W_w Peso del suelo húmedo, gr.

$\omega\%$: Porcentaje de humedad.

W_{mp} : Peso del molde, gr.

W_{shp} : Peso del suelo en el molde, gr.

γ_{sh} : Peso unitario húmedo, gr/cm³.

γ_{ss} : Peso unitario seco, gr/cm³.

Compactación Proctor (Modificado)

Proyecto: Estabilización de suelos con silicatos

Fecha: 08/09/13

Ubicación: Campus UCC

Operador: Perret, Henry-Vigilante, Nicolás

Tipo de Suelo: Limo

Pozo: PCA-1

Muestra: M3

Profundidad: 1,00 m

Dimensiones del molde:

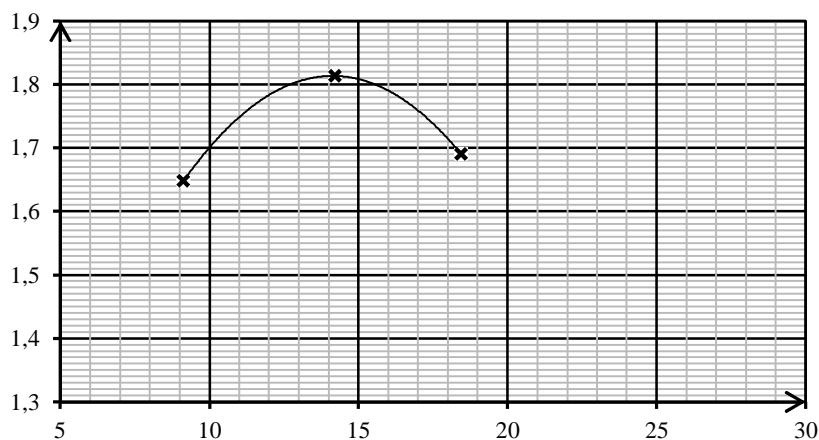
ϕ : 15,24 cm

h : 11,64 cm

A_0 : 182,41 cm²

V_m : 2123,31 cm³

| HUMEDAD | | | | |
|-------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|--|
| Muestra N°: | 1 | 2 | 3 | |
| Pesafiltro N°: | 5 | 19 | 3 | |
| P_{fi} | 348,00 gr | 347,50 gr | 328,50 gr | |
| $P_{fi} + W_{sh}$ | 473,50 gr | 476,00 gr | 428,00 gr | |
| $P_{fi} + W_{ss}$ | 463,00 gr | 460,00 gr | 412,50 gr | |
| W_w | 10,50 gr | 16,00 gr | 15,50 gr | |
| W_{ss} | 115,00 gr | 112,50 gr | 84,00 gr | |
| $\omega\%$ | 9,13 % | 14,22 % | 18,45 % | |
| PESO UNITARIO | | | | |
| W_{mp} | 5287,00 gr | 5287,00 gr | 5287,00 gr | |
| $W_{mp} + W_{sh}$ | 9105,50 gr | 9685,00 gr | 9537,50 gr | |
| W_{shp} | 3818,50 gr | 4398,00 gr | 4250,50 gr | |
| γ_{sh} | 1,80 gr/cm ³ | 2,07 gr/cm ³ | 2,00 gr/cm ³ | |
| γ_{ss} | 1,65 gr/cm ³ | 1,81 gr/cm ³ | 1,69 gr/cm ³ | |



$$\omega_{opt} = 14,22 \%$$

$$\gamma_{max} = 1,81 \text{ gr/cm}^3$$

$\omega\%$

Nomenclatura:

ϕ : Diámetro del molde, cm.

h : Altura del molde, cm.

P_{fi} Peso del pesafiltro vacío y limpio, gr.

W_{sh} Peso del suelo húmedo, gr.

W_{ss} Peso del suelo seco, gr.

W_w Peso del suelo húmedo, gr.

$\omega\%$: Porcentaje de humedad.

W_{mp} : Peso del molde, gr.

W_{shp} : Peso del suelo en el molde, gr.

γ_{sh} : Peso unitario húmedo, gr/cm³.

γ_{ss} : Peso unitario seco, gr/cm³.

Compactación Proctor (Modificado)

Proyecto: Estabilización de suelos con silicatos

Fecha: 08/09/13

Ubicación: Campus U.C.C

Operador: Perret, Henry-Vigilante, Nicolás

Tipo de Suelo: Limo

Pozo: PCA-2

Muestra: M1

Profundidad: 0,00 m

Dimensiones del molde:

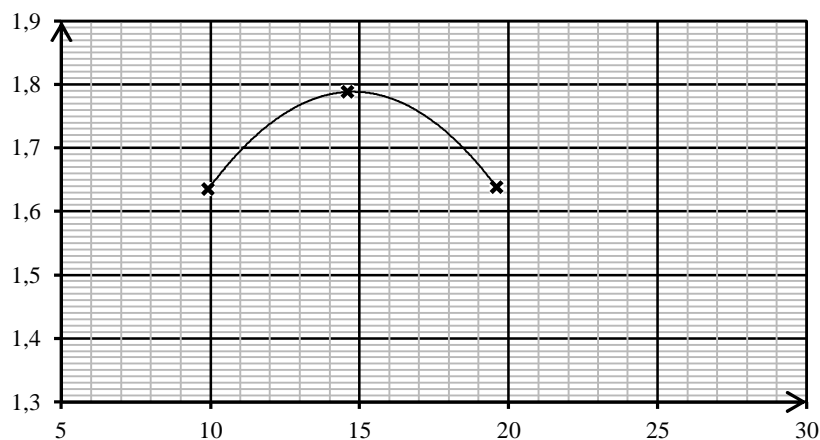
ϕ : 15,24 cm

h : 11,64 cm

A_0 : 182,41 cm²

V_m : 2123,31 cm³

| HUMEDAD | | | | |
|-------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|--|
| Muestra N°: | 1 | 2 | 3 | |
| Pesafiltro N°: | 1 | 16 | 6 | |
| P_{fi} | 343,00 gr | 331,00 gr | 354,50 gr | |
| $P_{fi} + W_{sh}$ | 481,50 gr | 480,00 gr | 568,00 gr | |
| $P_{fi} + W_{ss}$ | 469,00 gr | 461,00 gr | 533,00 gr | |
| W_w | 12,50 gr | 19,00 gr | 35,00 gr | |
| W_{ss} | 126,00 gr | 130,00 gr | 178,50 gr | |
| $\omega\%$ | 9,92 % | 14,62 % | 19,61 % | |
| PESO UNITARIO | | | | |
| W_{mp} | 5287,00 gr | 5287,00 gr | 5287,00 gr | |
| $W_{mp} + W_{sh}$ | 9102,00 gr | 9639,00 gr | 9446,50 gr | |
| W_{shp} | 3815,00 gr | 4352,00 gr | 4159,50 gr | |
| γ_{sh} | 1,80 gr/cm ³ | 2,05 gr/cm ³ | 1,96 gr/cm ³ | |
| γ_{ss} | 1,63 gr/cm ³ | 1,79 gr/cm ³ | 1,64 gr/cm ³ | |



$$\omega_{opt} = 14,62 \%$$

$$\gamma_{max} = 1,79 \text{ gr/cm}^3$$

$\omega\%$

Nomenclatura:

ϕ : Diámetro del molde, cm.

h : Altura del molde, cm.

P_{fi} Peso del pesafiltro vacío y limpio, gr.

W_{sh} Peso del suelo húmedo, gr.

W_{ss} Peso del suelo seco, gr.

W_w Peso del suelo húmedo, gr.

$\omega\%$: Porcentaje de humedad.

W_{mp} : Peso del molde, gr.

W_{shp} : Peso del suelo en el molde, gr.

γ_{sh} : Peso unitario húmedo, gr/cm³.

γ_{ss} : Peso unitario seco, gr/cm³.

Compactación Proctor (Modificado)

Proyecto: Estabilización de suelos con silicatos

Fecha: 08/09/13

Ubicación: Campus U.C.C

Operador: Perret, Henry-Vigilante, Nicolás

Tipo de Suelo: Limo

Pozo: PCA-3

Muestra: M1

Profundidad: 3,00 m

Dimensiones del molde:

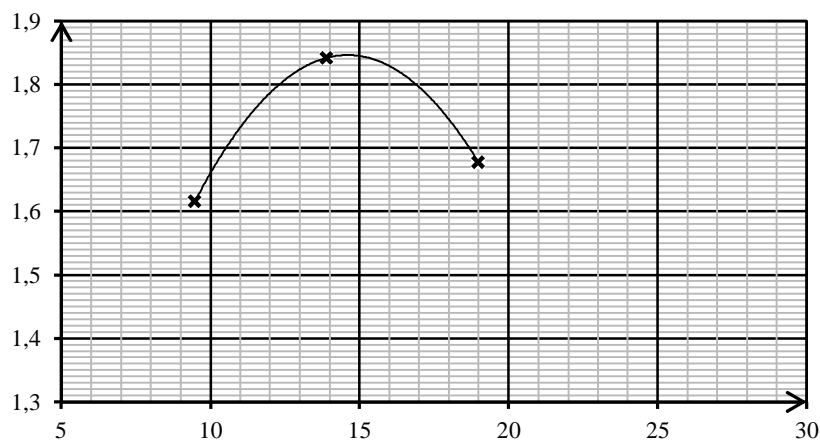
ϕ : 15,24 cm

h : 11,64 cm

A_0 : 182,41 cm²

V_m : 2123,31 cm³

| HUMEDAD | | | |
|-------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| Muestra N°: | 1 | 2 | 3 |
| Pesafiltro N°: | 5 | 19 | 3 |
| P_{fi} | 348,00 gr | 347,50 gr | 328,50 gr |
| $P_{fi} + W_{sh}$ | 475,00 gr | 495,00 gr | 529,00 gr |
| $P_{fi} + W_{ss}$ | 464,00 gr | 477,00 gr | 497,00 gr |
| W_w | 11,00 gr | 18,00 gr | 32,00 gr |
| W_{ss} | 116,00 gr | 129,50 gr | 168,50 gr |
| $\omega\%$ | 9,48 % | 13,90 % | 18,99 % |
| PESO UNITARIO | | | |
| W_{mp} | 5287,00 gr | 5287,00 gr | 5287,00 gr |
| $W_{mp} + W_{sh}$ | 9043,50 gr | 9741,50 gr | 9525,50 gr |
| W_{shp} | 3756,50 gr | 4454,50 gr | 4238,50 gr |
| γ_{sh} | 1,77 gr/cm ³ | 2,10 gr/cm ³ | 2,00 gr/cm ³ |
| γ_{ss} | 1,62 gr/cm ³ | 1,84 gr/cm ³ | 1,68 gr/cm ³ |



$$\omega_{opt} = 13,90 \%$$

$$\gamma_{max} = 1,84 \text{ gr/cm}^3$$

$\omega\%$

Nomenclatura:

ϕ : Diámetro del molde, cm.

h : Altura del molde, cm.

P_{fi} Peso del pesafiltro vacío y limpio, gr.

W_{sh} Peso del suelo húmedo, gr.

W_{ss} Peso del suelo seco, gr.

W_w Peso del suelo húmedo, gr.

$\omega\%$: Porcentaje de humedad.

W_{mp} : Peso del molde, gr.

W_{shp} : Peso del suelo en el molde, gr.

γ_{sh} : Peso unitario húmedo, gr/cm³.

γ_{ss} : Peso unitario seco, gr/cm³.

Compresión Simple

Proyecto: Estabilizacion de Suelos con Silicatos

Fecha: 03/04/14

Ubicación: Campus UCC

Operador: Perret, Henry-Vigilante, Nicolás

Tipo de Suelo: Limo

Pozo: PCA-1

Muestra: 3

Profundidad:

1 m

Proctor: T-99

Edad: 0 días

Dimensiones de la probeta:

Diám. D_0 : 10,16 cm

Factor aro: 15,72 kg/div

Altura L_0 : 11,64 cm

W_{shs} : 1832,50 gr

Área A_0 : **81,07 cm²**

W_{sss} : 1,94 gr

Vol. V_s : **943,69 cm³**

γ_{ss} : 1,68 gr/cm³

| Deformación axial ΔL (0,01mm) | Deformación axial unitaria ϵ_v % | Área corregida A_c (cm ²) | Lectura aro (div) | Carga de compresión P (kg) | Tensión de compresión σ_1 (kg/cm ²) |
|--|--|--|----------------------|---------------------------------|---|
| 0 | 0,00 | 81,07 | 0,0 | 0,00 | 0,00 |
| 10 | 0,09 | 81,14 | 1,0 | 15,72 | 0,19 |
| 20 | 0,17 | 81,21 | 1,1 | 17,29 | 0,21 |
| 30 | 0,26 | 81,28 | 2,0 | 31,44 | 0,39 |
| 40 | 0,34 | 81,35 | 2,0 | 31,44 | 0,39 |
| 50 | 0,43 | 81,42 | 2,0 | 31,44 | 0,39 |
| 60 | 0,52 | 81,49 | 3,0 | 47,16 | 0,58 |
| 70 | 0,60 | 81,56 | 3,2 | 50,30 | 0,62 |
| 80 | 0,69 | 81,63 | 3,6 | 56,59 | 0,69 |
| 90 | 0,77 | 81,70 | 4,0 | 62,88 | 0,77 |
| 100 | 0,86 | 81,78 | 5,0 | 78,60 | 0,96 |
| 110 | 0,95 | 81,85 | 5,1 | 80,17 | 0,98 |
| 120 | 1,03 | 81,92 | 6,0 | 94,32 | 1,15 |
| 130 | 1,12 | 81,99 | 7 | 110,04 | 1,34 |
| 140 | 1,20 | 82,06 | 8 | 125,76 | 1,53 |
| 150 | 1,29 | 82,13 | 8,5 | 133,62 | 1,63 |
| 160 | 1,37 | 82,20 | 9 | 141,48 | 1,72 |
| 170 | 1,46 | 82,27 | 9,2 | 144,62 | 1,76 |
| 180 | 1,55 | 82,35 | 10 | 157,20 | 1,91 |
| 190 | 1,63 | 82,42 | 10,2 | 160,34 | 1,95 |
| 200 | 1,72 | 82,49 | 10,2 | 160,34 | 1,94 |
| 210 | 1,80 | 82,56 | 10,2 | 160,34 | 1,94 |
| 220 | 1,89 | 82,64 | 10,3 | 161,92 | 1,96 |
| 230 | 1,98 | 82,71 | 10,3 | 161,92 | 1,96 |
| 240 | 2,06 | 82,78 | 10,3 | 161,92 | 1,96 |

Compresión Simple

Proyecto: Estabilización de Suelos con Silicatos

Ubicación: Campus UCC

Operador: Perret, Henry-Vigilante, Nicolás

Tipo de Suelo: Limo

Pozo: PCA-1 **Muestra:** 3

Proctor: T-99 **Edad:** 0 días

Dimensiones de la probeta:

Diám. D_0 : 10,16 cm

Altura L_0 : 11,64 cm

Área A_0 : 81,07 cm²

Vol. V_s : 943,69 cm³

Fecha: 03/04/14

Profundidad: 1 m

Factor aro: 15,72 kg/div

W_{shs} : 1832,50 gr

W_{sss} : 1,94 gr

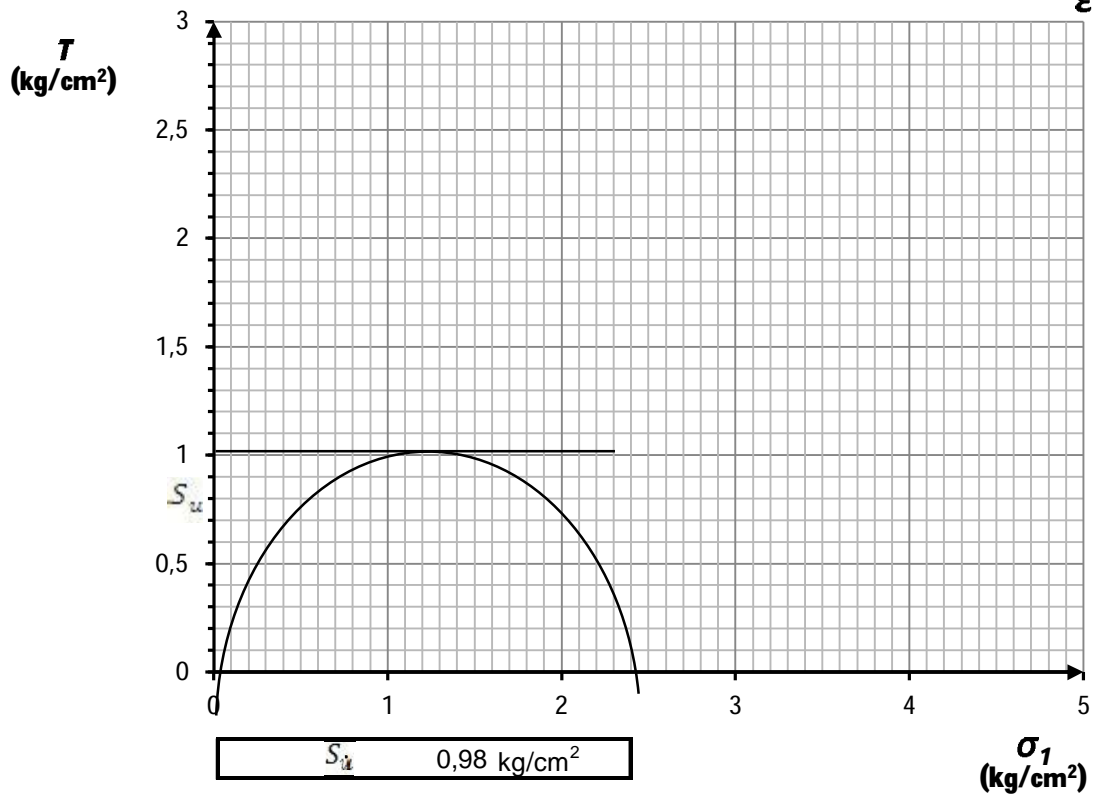
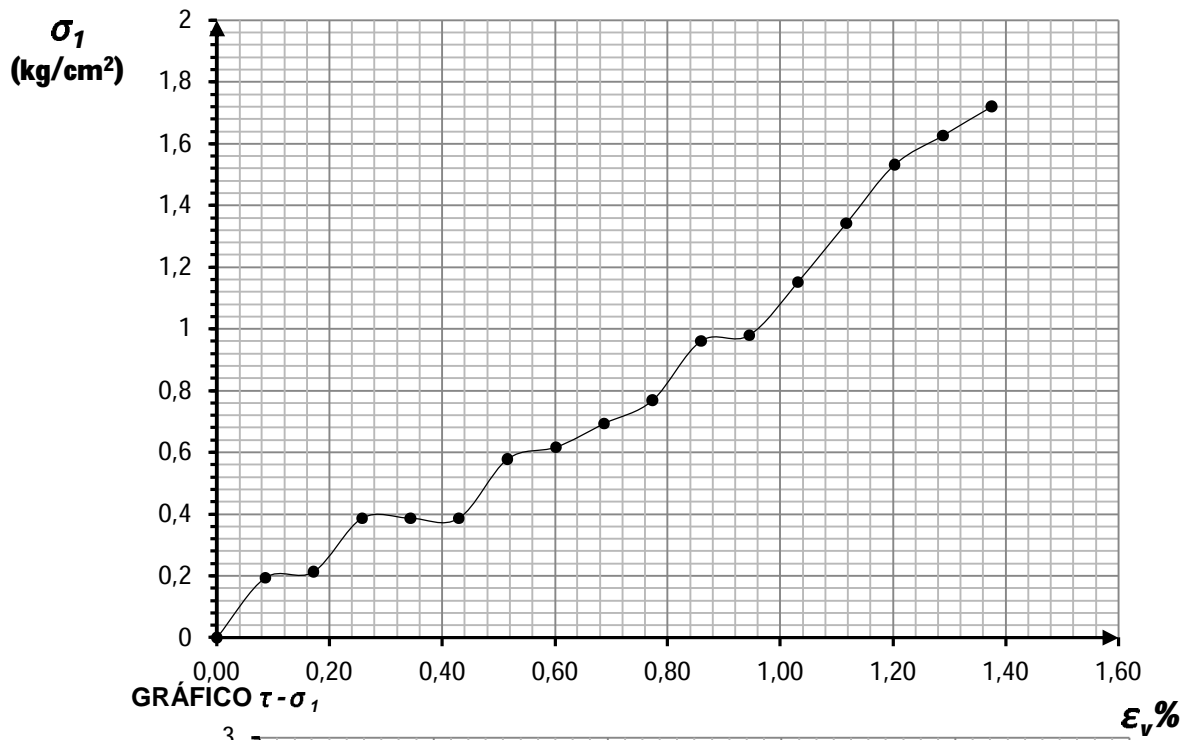
γ_{ss} : 1,68 gr/cm³

Contenido de humedad:

| | |
|---------------------|----------|
| Pesafiltro N°: | 30 |
| P_{fi} : | 345,5 gr |
| $P_{fi} + W_{sh}$: | 448 gr |
| $P_{fi} + W_{ss}$: | 434,0 gr |
| W_w : | 14 gr |
| W_{ss} : | 88,5 gr |
| $\omega\%$: | 15,8 % |

Compresión Simple (Hoja2)

GRÁFICO $\sigma_1 - \varepsilon_v \%$



Compresión Simple

Proyecto: Estabilización de Suelos con Silicatos

Fecha: 03/04/14

Ubicación: Campus UCC

Operador: Perret, Henry-Vigilante, Nicolás

Tipo de Suelo: Limo

Pozo: PCA-1

Muestra: 3

Profundidad:

1 m

Proctor: T-180

Edad: 0 días

Dimensiones de la probeta:

Diám. D_0 : 15 cm

Factor aro: 15,72 kg/div

Altura L_0 : 11,4 cm

W_{shs} : 4276,00 gr

Área A_0 : 176,71 cm²

W_{sss} : 2,12 gr

Vol. V_0 : 2014,55 cm³

Y_{ss} : 1,88 gr/cm³

| Deformación axial ΔL (0,01mm) | Deformación axial unitaria $\epsilon_v \%$ | Área corregida A_c (cm ²) | Lectura aro (div) | Carga de compresión P (kg) | Tensión de compresión σ_1 (kg/cm ²) |
|--|---|--|----------------------|---------------------------------|---|
| 0 | 0,00 | 176,71 | 0,0 | 0,00 | 0,00 |
| 10 | 0,09 | 176,87 | 0,7 | 11,00 | 0,06 |
| 20 | 0,18 | 177,03 | 1,0 | 15,72 | 0,09 |
| 30 | 0,26 | 177,18 | 3,0 | 47,16 | 0,27 |
| 40 | 0,35 | 177,34 | 3,5 | 55,02 | 0,31 |
| 50 | 0,44 | 177,49 | 3,7 | 58,16 | 0,33 |
| 60 | 0,53 | 177,65 | 4,0 | 62,88 | 0,35 |
| 70 | 0,61 | 177,81 | 5,0 | 78,60 | 0,44 |
| 80 | 0,70 | 177,96 | 6,0 | 94,32 | 0,53 |
| 90 | 0,79 | 178,12 | 7,0 | 110,04 | 0,62 |
| 100 | 0,88 | 178,28 | 8,0 | 125,76 | 0,71 |
| 110 | 0,96 | 178,44 | 9,1 | 143,05 | 0,80 |
| 120 | 1,05 | 178,59 | 10,0 | 157,20 | 0,88 |
| 130 | 1,14 | 178,75 | 11,5 | 180,78 | 1,01 |
| 140 | 1,23 | 178,91 | 13 | 204,36 | 1,14 |
| 150 | 1,32 | 179,07 | 14 | 220,08 | 1,23 |
| 160 | 1,40 | 179,23 | 14 | 220,08 | 1,23 |
| 170 | 1,49 | 179,39 | 15 | 235,80 | 1,31 |
| 180 | 1,58 | 179,55 | 16 | 251,52 | 1,40 |
| 190 | 1,67 | 179,71 | 17 | 267,24 | 1,49 |
| 200 | 1,75 | 179,87 | 18,5 | 290,82 | 1,62 |
| 210 | 1,84 | 180,03 | 21 | 330,12 | 1,83 |
| 220 | 1,93 | 180,19 | 23,5 | 369,42 | 2,05 |
| 230 | 2,02 | 180,35 | 25 | 393,00 | 2,18 |
| 240 | 2,11 | 180,51 | 28 | 440,16 | 2,44 |
| 250 | 2,19 | 180,68 | 29,5 | 463,74 | 2,57 |
| 260 | 2,28 | 180,84 | 31 | 487,32 | 2,69 |
| 270 | 2,37 | 181,00 | 32,5 | 510,9 | 2,82 |
| 280 | 2,46 | 181,16 | 35,0 | 550,20 | 3,04 |

Compresión Simple

Proyecto: Estabilización de Suelos con Silicatos

Fecha: 03/04/14

Ubicación: Campus UCC

Operador: Perret, Henry-Vigilante, Nicolás

Tipo de Suelo: Limo

Pozo: PCA-1

Muestra: 3

Profundidad: 1 m

Proctor: T-180

Edad: 0 días

Dimensiones de la probeta:

Diám. D_0 : 15 cm

Factor aro: 15,72 kg/div

Altura L_0 : 11,4 cm

W_{shs} : 4276,00 gr

Área A_0 : 176,71 cm²

W_{sss} : 2,12 gr

Vol. V_{s0} : 2014,55 cm³

Y_{ss} : 1,88 gr/cm³

| Deformación axial ΔL (0,01mm) | Deformación axial unitaria $\epsilon_v \%$ | Área corregida A_c (cm ²) | Lectura aro (div) | Carga de compresión P (kg) | Tensión de compresión σ_1 (kg/cm ²) |
|--|---|--|----------------------|---------------------------------|---|
| 290 | 2,54 | 181,33 | 37 | 581,64 | 3,21 |
| 300 | 2,63 | 181,49 | 39 | 613,08 | 3,38 |
| 310 | 2,72 | 181,65 | 41 | 644,52 | 3,55 |
| 320 | 2,81 | 181,82 | 43 | 675,96 | 3,72 |
| 330 | 2,89 | 181,98 | 45 | 707,4 | 3,89 |
| 340 | 2,98 | 182,15 | 47 | 738,84 | 4,06 |
| 350 | 3,07 | 182,31 | 49 | 770,28 | 4,23 |
| 360 | 3,16 | 182,48 | 51 | 801,72 | 4,39 |
| 370 | 3,25 | 182,64 | 53 | 833,16 | 4,56 |
| 380 | 3,33 | 182,81 | 55 | 864,6 | 4,73 |
| 390 | 3,42 | 182,97 | 56 | 880,32 | 4,81 |
| 400 | 3,51 | 183,14 | 58 | 911,76 | 4,98 |
| 410 | 3,60 | 183,31 | 60 | 943,2 | 5,15 |
| 420 | 3,68 | 183,47 | 61 | 958,92 | 5,23 |
| 430 | 3,77 | 183,64 | 62 | 974,64 | 5,31 |
| 440 | 3,86 | 183,81 | 64 | 1006,08 | 5,47 |
| 450 | 3,95 | 183,98 | 65 | 1021,8 | 5,55 |
| 460 | 4,04 | 184,14 | 68 | 1068,96 | 5,80 |
| 470 | 4,12 | 184,31 | 69 | 1084,68 | 5,88 |
| 480 | 4,21 | 184,48 | 69,5 | 1092,54 | 5,92 |
| 490 | 4,30 | 184,65 | 71 | 1116,12 | 6,04 |
| 500 | 4,39 | 184,82 | 71 | 1116,12 | 6,04 |
| 510 | 4,47 | 184,99 | 72 | 1131,84 | 6,12 |
| 520 | 4,56 | 185,16 | 72,5 | 1139,7 | 6,16 |
| 530 | 4,65 | 185,33 | 73 | 1147,56 | 6,19 |
| 540 | 4,74 | 185,50 | 74 | 1163,28 | 6,27 |
| 550 | 4,82 | 185,67 | 75 | 1179 | 6,35 |
| 560 | 4,91 | 185,84 | 75,5 | 1186,86 | 6,39 |
| 570 | 5,00 | 186,02 | 76 | 1194,72 | 6,42 |
| 580 | 5,09 | 186,19 | 77 | 1210,44 | 6,50 |

Compresión Simple

Proyecto: Estabilización de Suelos con Silicatos

Fecha: 03/04/14

Ubicación: Campus UCC

Operador: Perret, Henry-Vigilante, Nicolás

Tipo de Suelo: Limo

Pozo: PCA-1

Muestra: 3

Profundidad:

1 m

Proctor: T-180

Edad: 0 días

Dimensiones de la probeta:

Diám. D_0 : 15 cm

Factor aro: 15,72 kg/div

Altura L_0 : 11,4 cm

W_{shs} : 4276,00 gr

Área A_0 : 176,71 cm²

W_{sss} : 2,12 gr

Vol. V_0 : 2014,55 cm³

Y_{ss} : 1,88 gr/cm³

| Deformación axial ΔL (0,01mm) | Deformación axial unitaria $\epsilon_v \%$ | Área corregida A_c (cm ²) | Lectura aro (div) | Carga de compresión P (kg) | Tensión de compresión σ_1 (kg/cm ²) |
|--|---|--|----------------------|---------------------------------|---|
| 590 | 5,18 | 186,36 | 78 | 1226,16 | 6,58 |
| 600 | 5,26 | 186,53 | 78 | 1226,16 | 6,57 |
| 610 | 5,35 | 186,70 | 78 | 1226,16 | 6,57 |

Contenido de humedad:

| | | |
|---------------------|-------|----|
| Pesafiltro N°: | 9 | |
| P_{fi} : | 328,5 | gr |
| $P_{fi} + W_{sh}$: | 716,5 | gr |
| $P_{fi} + W_{ss}$: | 649,5 | gr |
| P_{fi} : | 67,0 | gr |
| $P_{fi} + W_{ss}$: | 321,0 | gr |
| $\omega \%$: | 20,9 | % |

Compresión Simple (Hoja2)

GRÁFICO $\sigma_1 - \varepsilon_v \%$

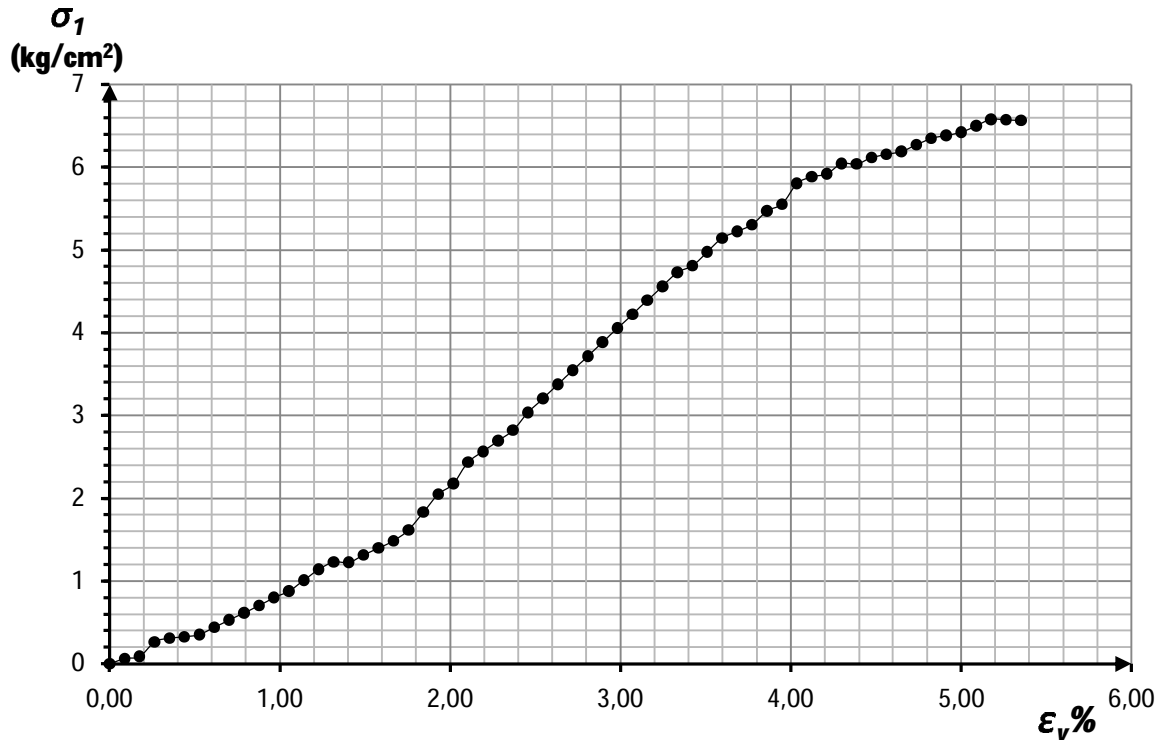
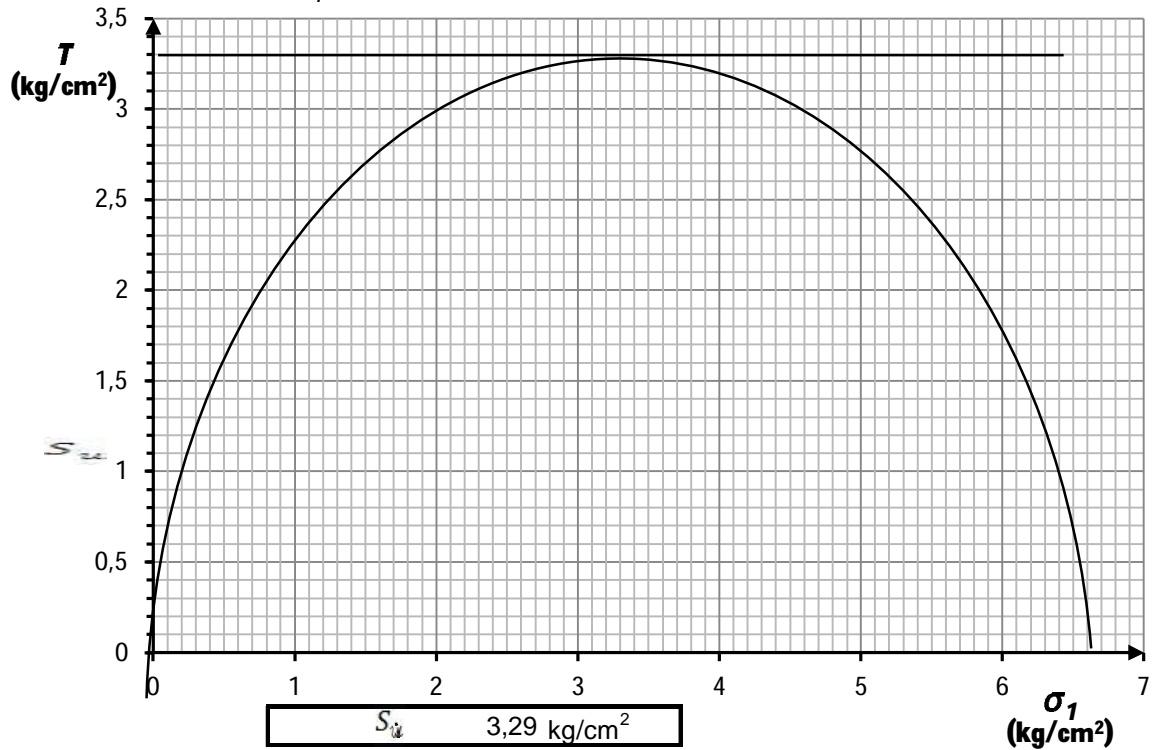


GRÁFICO $\tau - \sigma_1$

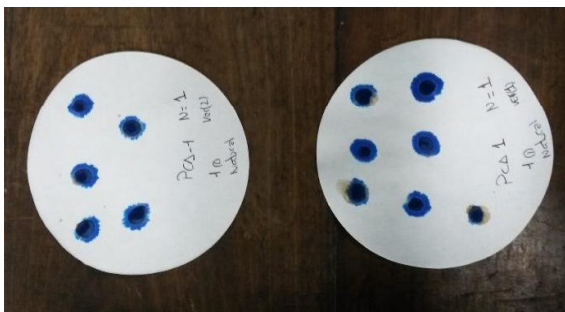


Determinación de la superficie específica

Proyecto: Estabilización de suelos con silicatos **Fecha:** 19/06/14
Ubicación: Campus UCC
Operador: Perret, Henry-Vigilante, Nicolas
Tipo de Suelo: Limo
Pozo: PCA-1
Muestra: M3 **Profundidad:** 1,00 m

Determinación de la superficie específica-Método Azul de metileno

Relevamiento Fotográfico



| Resultados | |
|--------------------------|------|
| Nprom: | 1 |
| Se [m ² /gr]: | 0,61 |

Proyecto: Estabilización de suelos con silicatos
Ubicación: Campus UCC
Operador: Perret, Henry-Vigilante, Nicolás
Tipo de Suelo: Limo
Pozo: PCA-1 **Muestra:** M

Profundidad: 1,00 m

$$\phi: 15,20 \text{ cm}$$
$$A_0: 181,46 \text{ cm}^2$$
 $V_m: 3211,81 \text{ cm}^3$

| | |
|---------------------|----------|
| Pesafiltro N°: | 3 |
| P_{fi} : | 328,5 gr |
| $P_{fi} + W_{sk}$: | 513,5 gr |
| $P_{fi} + W_{ss}$: | 486 gr |
| W_w : | 27,5 gr |
| W_{ss} : | 157,5 gr |
| $\omega\%$: | 17,46% % |

| | | |
|--------------------|---|-------------------------------|
| W_{mp} | : | 3066 gr |
| $W_{mp} + W_{shp}$ | : | 4905 gr |
| W_{shp} | : | 1839,0 gr |
| Y_{sh} | : | 1,95 gr/cm³ |
| Y_{ss} | : | 1,66 gr/cm³ |

[illegible]

$\omega\%$: Porcentaje de humedad.

γ_{ss} : Peso unitario seco, gr/cm³.

CBR (California Bearing Ratio)

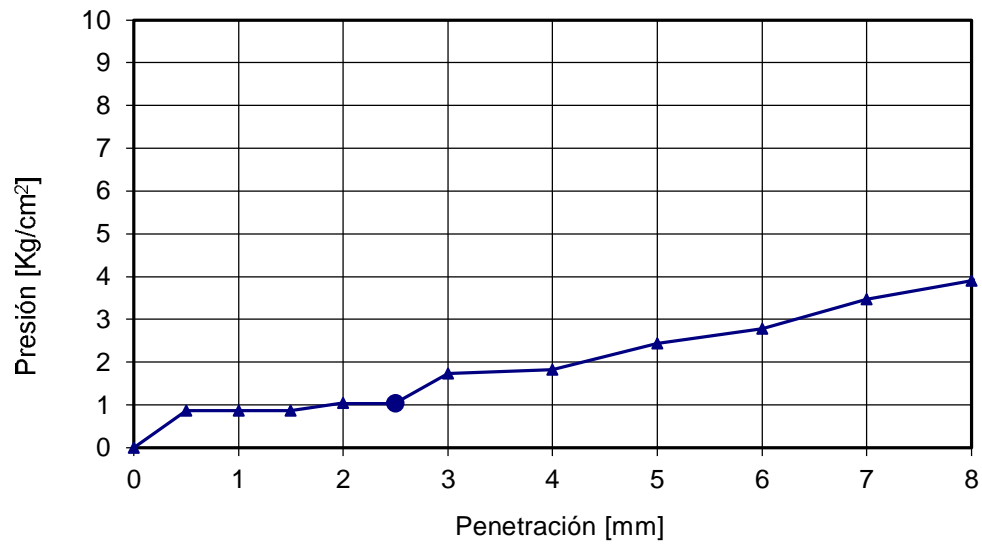
| Humedad final de la probeta: | | | |
|------------------------------|-----------|----------|----------|
| Muestra: | Sueperior | Medio | Inferior |
| Pesafiltro N°: | 8 | 18 | 4 |
| P_{fi} | 351,0 gr | 345,5 gr | 333,0 gr |
| $P_{fi} + W_{si}$ | 532,0 gr | 417,5 gr | 490,0 gr |
| $P_{fi} + W_{ss}$ | 493,0 gr | 405,0 gr | 463,5 gr |
| W_w | 39,0 gr | 12,5 gr | 26,5 gr |
| W_{ss} | 142,0 gr | 59,5 gr | 130,5 gr |
| $\omega\%$ | 27,5% % | 21% % | 20% % |
| $\omega\%$ promedio: | 22,9% % | | |

| Penetración | Lectura | Carga | Presión |
|-------------|---------|--------|-----------------------|
| (mm) | (div) | (Kg) | (Kg/cm ²) |
| 0,00 | 0,0 | 0,00 | 0,00 |
| 0,50 | 1,0 | 15,72 | 0,87 |
| 1,00 | 1,0 | 15,72 | 0,87 |
| 1,50 | 1,0 | 15,72 | 0,87 |
| 2,00 | 1,20 | 18,86 | 1,04 |
| 2,50 | 1,20 | 18,86 | 1,04 |
| 3,00 | 2,00 | 31,44 | 1,74 |
| 4,00 | 2,10 | 33,01 | 1,82 |
| 5,00 | 2,80 | 44,02 | 2,43 |
| 6,00 | 3,20 | 50,30 | 2,78 |
| 7,00 | 4,00 | 62,88 | 3,48 |
| 8,00 | 4,50 | 70,74 | 3,91 |
| 9,00 | 5,00 | 78,60 | 4,34 |
| 10,00 | 5,20 | 81,74 | 4,52 |
| 11,00 | 6,00 | 94,32 | 5,21 |
| 12,00 | 6,50 | 102,18 | 5,65 |
| 13,00 | 7,20 | 113,18 | 6,26 |
| 14,00 | 8,10 | 127,33 | 7,04 |
| 15,00 | 9,00 | 141,48 | 7,82 |
| 16,00 | 9,20 | 144,62 | 7,99 |
| 17,00 | 9,80 | 154,06 | 8,52 |
| 18,00 | 10,80 | 169,78 | 9,39 |
| 19,00 | 11,50 | 180,78 | 9,99 |
| 20,00 | 12,50 | 196,50 | 10,86 |
| 21,00 | 13,50 | 212,22 | 11,73 |
| 22,00 | 14,20 | 223,22 | 12,34 |
| 23,00 | 15,00 | 235,80 | 13,03 |

Factor Aro: 15,72 Kg/div

$$CBR = \frac{\sigma_{2.5}}{\sigma_s} * 100 = 2,0\%$$

CBR (California Bearing Ratio)



Determinación del peso unitario con parafina

Proyecto: Estabilización de suelos con silicatos

Fecha: 21/05/13

Ubicación: Campus UCC

Operador: Perret, Henry-Vigilante, Nicolás

Tipo de Suelo: Limo

γ_p : 0,90 gr/cm³

Pozo: PCA-3

γ_w : 1,00 gr/cm³

| | | | |
|-------------------|----------|--|--|
| Muestra N°: | M1 | | |
| Tipo de suelo: | Limo | | |
| Profundidad: | 3,0 | | |
| Pesafiltro N°: | 10 | | |
| P_{fi} | 349,0 gr | | |
| $P_{fi} + W_{sh}$ | 762,0 gr | | |
| $P_{fi} + W_{ss}$ | 707,5 gr | | |
| W_w | 54,5 gr | | |
| W_{ss} | 358,5 gr | | |
| $\omega\%$ | 15,2 % | | |

| PESO UNITARIO | | | |
|-----------------|-------------------------|--|--|
| W_{shd} | 438,0 gr | | |
| $W_{shd} + W_p$ | 475,0 gr | | |
| W_p | 37,0 gr | | |
| V_p | 41,1 cm ³ | | |
| W_d | 329,0 gr | | |
| V_{sp} | 329,0 cm ³ | | |
| V | 287,9 cm ³ | | |
| γ_{sh} | 1,52 gr/cm ³ | | |
| γ_{ss} | 1,32 gr/cm ³ | | |

Nomenclatura:

HUMEDAD

P_{fi} Peso del pesafiltro vacío y limpio, gr.

W_{sh} Peso del suelo húmedo, gr.

W_{ss} Peso del suelo seco, gr.

W_w Peso del agua, gr.

$\omega\%$ Porcentaje de humedad.

PESO UNITARIO

W_{shd} Peso de la probeta cúbica de suelo, gr.

$W_{shd} + W_p$ Peso de la probeta cúbica de suelo recubierta con parafina, gr.

W_p Peso de la parafina adherida a la probeta, gr.

V_p Volumen de la parafina utilizada, cm³.

W_d Peso del agua desplazada, gr.

V_{sp} Volumen del cubo emparafinado, cm³.

V Volumen de la probeta cúbica de suelo, cm³.

γ_{sh} Peso unitario húmedo del suelo, gr/cm³.

ANEXO B



Tabla V.1 : Determinación de fase líquida.

| Dosificación | N° Ensayo | Fase sólida (gr) | Fase líquida | | | | Temperatura | Observaciones |
|--------------|-----------|---------------------|--------------|------|---------------|-----------|-------------|--|
| | | | % | (gr) | Silicato (gr) | Agua (gr) | | |
| 1:2 | 1 | 100 | 10 | 10 | 3,3 | 6,7 | 23 °C | No penetra-No Marca la Huella-Sin Agua Sup.-Opáco-Sin fisuras Superficiales-Difícil Incorporación - Formación de granos de suelo |
| | 2 | 100 | 20 | 20 | 6,7 | 13,3 | 23 °C | No penetra-No Marca la Huella-Sin Agua Sup.-Opáco-Sin fisuras Superficiales-Fácil Incorporación - Formación de granos de suelo |
| | 3 | 100 | 30 | 30 | 10,0 | 20,0 | 23 °C | 1,5 [Cm] de penetración-Marca la Huella- Sin agua Sup.-Brillante-Sin Fisuras superficial - Fácil incorporación - Formación de granos de suelo |
| | 4 | 100 | 40 | 40 | 13,3 | 26,7 | 23 °C | 2,3 [Cm] de penetración-Marca la Huella-Agua Sup.-Burbujas en la Penetración (Se llenó de Agua)-Muy Brillante-Sin Fisuras- Mezcla se vuelve fluida |

| Dosificación | N° Ensayo | Fase sólida (gr) | Fase líquida | | | | Temperatura | Observaciones |
|--------------|-----------|---------------------|--------------|------|---------------|-----------|-------------|--|
| | | | % | (gr) | Silicato (gr) | Agua (gr) | | |
| 1:4 | 1 | 100 | 10 | 10 | 2,0 | 8,0 | 23 °C | No penetra-No Marca la Huella-Sin Agua Sup.-Opáco-Sin fisuras Superficiales-Difícil Incorporación - Formación de granos de suelo |
| | 2 | 100 | 20 | 20 | 4,0 | 16,0 | 23 °C | No penetra-No Marca la Huella-Sin Agua Sup.-Opáco-Sin fisuras Superficiales-Fácil Incorporación - Formación de granos de suelo |
| | 3 | 100 | 30 | 30 | 6,0 | 24,0 | 23 °C | 1,5 [Cm] de penetración-Marca la Huella- Sin agua Sup.-Brillante-Sin Fisuras superficial - Fácil incorporación |
| | 4 | 100 | 40 | 40 | 8,0 | 32,0 | 23 °C | 2,3 [Cm] de penetración-Marca la Huella-Agua Sup.-Burbujas en la Penetración (Se llenó de Agua)-Muy Brillante-Sin Fisuras- Mezcla se vuelve fluida |



Tabla V.1.: Determinación de fase líquida.

| Dosificación | N° Ensayo | Fase sólida (gr) | Fase líquida | | | | Temperatura | Observaciones |
|--------------|-----------|---------------------|--------------|------|---------------|-----------|-------------|--|
| | | | % | (gr) | Silicato (gr) | Agua (gr) | | |
| 1:5 | 1 | 100 | 10 | 10 | 1,7 | 8,3 | 23 °C | No penetra-No Marca la Huella-Sin Agua Sup.-Opáco-Sin fisuras Superficiales-Difícil Incorporación - Formación de granos de suelo |
| | 2 | 100 | 20 | 20 | 3,3 | 16,7 | 23 °C | No penetra-No Marca la Huella-Sin Agua Sup.-Opáco-Sin fisuras Superficiales-Fácil Incorporación - Formación de granos de suelo |
| | 3 | 100 | 30 | 30 | 5,0 | 25,0 | 23 °C | 1,8 [Cm] de penetración-Marca la Huella- Con poca agua Sup.- Brilloso-Sin Fisuras superficial - Fácil incorporación |
| | 4 | 100 | 40 | 40 | 6,7 | 33,3 | 23 °C | 2,3 [Cm] de penetración-Marca la Huella-Agua Sup.- Burbujas en la Penetración (Se llenó de Agua)-Muy Brilloso-Sin Fisuras- Mezcla se vuelve fluida |

| Dosificación | N° Ensayo | Fase sólida (gr) | Fase líquida | | | | Temperatura | Observaciones |
|--------------|-----------|---------------------|--------------|------|---------------|-----------|-------------|--|
| | | | % | (gr) | Silicato (gr) | Agua (gr) | | |
| 1:6 | 1 | 100 | 10 | 10 | 1,4 | 8,6 | 23 °C | No penetra-No Marca la Huella-Sin Agua Sup.-Opáco-Sin fisuras Superficiales-Difícil Incorporación - Formación de granos de suelo |
| | 2 | 100 | 20 | 20 | 2,9 | 17,1 | 23 °C | No penetra-No Marca la Huella-Sin Agua Sup.-Opáco-Sin fisuras Superficiales-Fácil Incorporación - Formación de granos de suelo |
| | 3 | 100 | 30 | 30 | 4,3 | 25,7 | 23 °C | 1,9 [Cm] de penetración-Marca la Huella-Con agua Sup.- Brilloso-Sin Fisuras superficial - Fácil incorporación |
| | 4 | 100 | 40 | 40 | 5,7 | 34,3 | 23 °C | 2,5 [Cm] de penetración-Marca la Huella-Agua Sup.- Burbujas en la Penetración (Se llenó de Agua)-Muy Brilloso-Sin Fisuras- Mezcla se vuelve fluida |



Tabla V.1 : Determinación de fase líquida.

| Dosificación | N° Ensayo | Fase solida (gr) | Fase líquida | | | | Temperatura | Observaciones |
|--------------|-----------|---------------------|--------------|------|---------------|-----------|-------------|---|
| | | | % | (gr) | Silicato (gr) | Agua (gr) | | |
| 1:8 | 1 | 100 | 10 | 10 | 1,1 | 8,9 | 23 °C | No penetra-No Marca la Huella-Sin Agua Sup.-Opáco-Sin fisuras Superficiales-Difícil Incorporación - Formación de granos de suelo |
| | 2 | 100 | 20 | 20 | 2,2 | 17,8 | 23 °C | No penetra-No Marca la Huella-Sin Agua Sup.-Opáco-Sin fisuras Superficiales-Fácil Incorporación - Formación de granos de suelo |
| | 3 | 100 | 30 | 30 | 3,3 | 26,7 | 23 °C | 2,0 [Cm] de penetración-Marca la Huella- Sin agua Sup.-Brilloso-Sin Fisuras superficial - Fácil incorporación - Mezcla se vuelve fluida |
| | 4 | 100 | 40 | 40 | 4,4 | 35,6 | 23 °C | 2,5 [Cm] de penetración-Marca la Huella-Agua Sup.-Burbujas en la Penetración (Se llenó de Agua)-Muy Brilloso-Sin Fisuras- Mezcla se vuelve fluida |



Tabla V.2: Proporciones de silicato de sodio y agua para realización de ensayo Proctor T99.

| Relación 1:2 | | | | | | | |
|----------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|
| Peso del Suelo | 2500 | | | | | | [gr] |
| Fase Líquida | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | % |
| | 250,0 | 375,0 | 500,0 | 625,0 | 750,0 | 875,0 | [gr] |
| Silicato | 83,3 | 125,0 | 166,7 | 208,3 | 250,0 | 291,7 | [gr] |
| H ₂ O | 166,7 | 250,0 | 333,3 | 416,7 | 500,0 | 583,3 | [gr] |
| | | | | | | | |
| Silicato a Agregar | 83,3 | 41,7 | 41,7 | 41,7 | 41,7 | 41,7 | [gr] |
| H ₂ O a Agregar | 166,7 | 83,3 | 83,3 | 83,3 | 83,3 | 83,3 | [gr] |

| Relación 1:4 | | | | | | | |
|----------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|
| Peso del Suelo | 2500 | | | | | | [gr] |
| Fase Líquida | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | % |
| | 250,0 | 375,0 | 500,0 | 625,0 | 750,0 | 875,0 | [gr] |
| Silicato | 50,0 | 75,0 | 100,0 | 125,0 | 150,0 | 175,0 | [gr] |
| H ₂ O | 200,0 | 300,0 | 400,0 | 500,0 | 600,0 | 700,0 | [gr] |
| | | | | | | | |
| Silicato a Agregar | 50,0 | 25,0 | 25,0 | 25,0 | 25,0 | 25,0 | [gr] |
| H ₂ O a Agregar | 200,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | [gr] |

| Relación 1:5 | | | | | | | |
|----------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|
| Peso del Suelo | 2500 | | | | | | [gr] |
| Fase Líquida | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | % |
| | 250 | 375 | 500 | 625 | 750 | 875 | [gr] |
| Silicato | 41,7 | 62,5 | 83,3 | 104,2 | 125,0 | 145,8 | [gr] |
| H ₂ O | 208,3 | 312,5 | 416,7 | 520,8 | 625,0 | 729,2 | [gr] |
| | | | | | | | |
| Silicato a Agregar | 41,7 | 20,8 | 20,8 | 20,8 | 20,8 | 20,8 | [gr] |
| H ₂ O a Agregar | 208,3 | 104,2 | 104,2 | 104,2 | 104,2 | 104,2 | [gr] |



Tabla V.2: Proporciones de silicato de sodio y agua para realización de ensayo Proctor T99.

| Relación 1:6 | | | | | | | |
|----------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|
| Peso del Suelo | 2500 | | | | | | [gr] |
| Fase Líquida | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | % |
| | 250 | 375 | 500 | 625 | 750 | 875 | [gr] |
| Silicato | 35,7 | 53,6 | 71,4 | 89,3 | 107,1 | 125,0 | [gr] |
| H ₂ O | 214,3 | 321,4 | 428,6 | 535,7 | 642,9 | 750,0 | [gr] |
| | | | | | | | |
| Silicato a Agregar | 35,7 | 17,9 | 17,9 | 17,9 | 17,9 | 17,9 | [gr] |
| H ₂ O a Agregar | 214,3 | 107,1 | 107,1 | 107,1 | 107,1 | 107,1 | [gr] |

| Relación 1:8 | | | | | | | |
|----------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|
| Peso del Suelo | 2500 | | | | | | [gr] |
| Fase Líquida | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | % |
| | 250 | 375 | 500 | 625 | 750 | 875 | [gr] |
| Silicato | 27,8 | 41,7 | 55,6 | 69,4 | 83,3 | 97,2 | [gr] |
| H ₂ O | 222,2 | 333,3 | 444,4 | 555,6 | 666,7 | 777,8 | [gr] |
| | | | | | | | |
| Silicato a Agregar | 27,8 | 13,9 | 13,9 | 13,9 | 13,9 | 13,9 | [gr] |
| H ₂ O a Agregar | 222,2 | 111,1 | 111,1 | 111,1 | 111,1 | 111,1 | [gr] |

Compactación Proctor

Proyecto: Estabilización de Suelos con Silicatos

Fecha: 26/03/14

Ubicación: Campus U.C.C-

Operador: Perret, Henry-Vigilante, Nicolás

Tipo de Suelo: Limo

Pozo: PCA-1

Muestra: M3

Profundidad: 1,00 m

Relación (Si: H₂O) = 1:2

Dimensiones del molde:

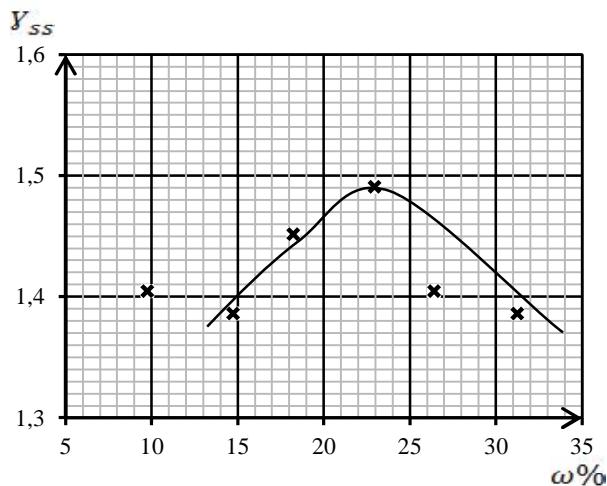
ϕ : 10,16 cm

h : 11,64 cm

A_b : 81,07 cm²

V_m : 943,69 cm³

| HUMEDAD | | | | | | |
|-------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| Muestra N°: | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Pesafiltro N°: | 17 | 2 | 6 | 5 | 4 | 18 |
| : P_{fi} | 353,0 gr | 347,0 gr | 355,5 gr | 348,0 gr | 354,0 gr | 334,5 gr |
| $P_{fi} + W_{sh}$ | 448,5 gr | 421,0 gr | 456,0 gr | 431,0 gr | 488,0 gr | 450,0 gr |
| $P_{fi} + W_{ss}$ | 440,0 gr | 411,5 gr | 440,5 gr | 415,5 gr | 460,0 gr | 422,5 gr |
| : W_w | 8,5 gr | 9,5 gr | 15,5 gr | 15,5 gr | 28,0 gr | 27,5 gr |
| : W_{ss} | 87,0 gr | 64,5 gr | 85,0 gr | 67,5 gr | 106,0 gr | 88,0 gr |
| : $\omega\%$ | 9,8 % | 14,7 % | 18,2 % | 23,0 % | 26,4 % | 31,3 % |
| PESO UNITARIO | | | | | | |
| W_{mp} | 4687,0 gr | 4687,0 gr | 4687,0 gr | 4687,0 gr | 4687,0 gr | 4687,0 gr |
| $W_{mp} + W_{sh}$ | 6142,0 gr | 6187,5 gr | 6306,5 gr | 6417,0 gr | 6467,5 gr | 6412,5 gr |
| W_{sh} | 1455,0 gr | 1500,5 gr | 1619,5 gr | 1730,0 gr | 1780,5 gr | 1725,5 gr |
| γ_{sh} | 1,54 gr/cm ³ | 1,59 gr/cm ³ | 1,72 gr/cm ³ | 1,83 gr/cm ³ | 1,89 gr/cm ³ | 1,83 gr/cm ³ |
| γ_{ss} | 1,40 gr/cm ³ | 1,39 gr/cm ³ | 1,45 gr/cm ³ | 1,49 gr/cm ³ | 1,49 gr/cm ³ | 1,39 gr/cm ³ |



$\omega_{opt} = 23,0 \%$

$\gamma_{max} = 1,49 \text{ gr/cm}^3$

Nomenclatura:

ϕ : Diámetro del molde, cm.

h : Altura del molde, cm.

P_{fi} : Peso del pesafiltro vacío, gr.

W_{sh} : Peso del suelo húmedo, gr.

W_{ss} : Peso del suelo seco, gr.

W_w : Peso del suelo húmedo, gr.

$\omega\%$: Porcentaje de humedad.

W_{mp} : Peso del molde, gr.

W_{sh} : Peso del suelo en el molde, gr.

γ_{sh} : Peso unitario húmedo, gr/cm³.

γ_{ss} : Peso unitario seco, gr/cm³.

Compactación Proctor

Proyecto: Estabilización de Suelos con Silicatos **Fecha:** 20/03/14

Ubicación: Campus U.C.C-

Operador: Perret, Henry-Vigilante, Nicolás

Tipo de Suelo: Limo

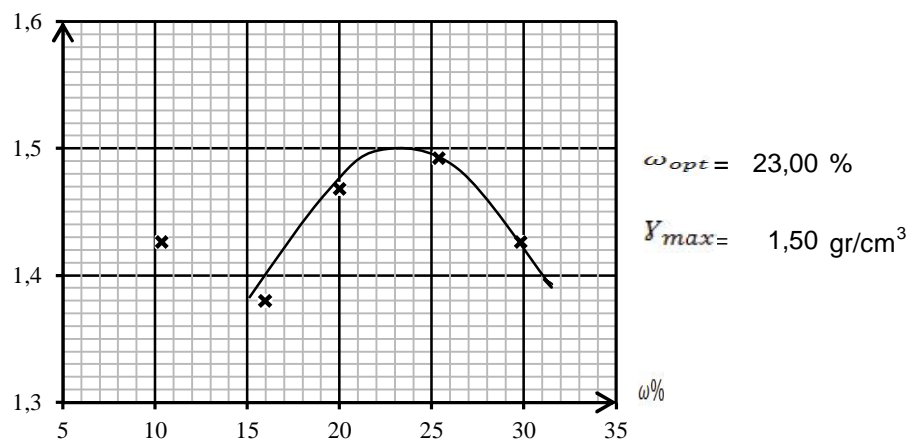
Pozo: PCA-1 **Muestra:** M3 **Profundidad:** 1,00 m

Relación (Si: H₂O) = 1:4

Dimensiones del molde: ϕ : 10,16 cm h : 11,64 cm

A_b 81,07 cm² V_m 943,69 cm³

| HUMEDAD | | | | | | | | | |
|-------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|--|--|--|--|
| Muestra N°: | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | | | | |
| Pesafiltro N°: | 18 | 20 | 21 | 22 | 23 | | | | |
| : P_{fi} | 334,50 gr | 334,50 gr | 4,50 gr | 5 gr | 4,50 gr | | | | |
| $P_{fi} + W_{sh}$ | 425,00 gr | 418,00 gr | 52,50 gr | 81,5 gr | 85,00 gr | | | | |
| $P_{fi} + W_{ss}$ | 416,50 gr | 406,50 gr | 44,50 gr | 66 gr | 66,50 gr | | | | |
| : W_w | 8,50 gr | 11,50 gr | 8,00 gr | 15,5 gr | 18,50 gr | | | | |
| : W_{ss} | 82,00 gr | 72,00 gr | 40,00 gr | 61 gr | 62,00 gr | | | | |
| : $\omega\%$ | 10,37 % | 15,97 % | 20,00 % | 25,4 % | 29,84 % | | | | |
| PESO UNITARIO | | | | | | | | | |
| W_{mp} | 3066,0 gr | 3066,0 gr | 3066,0 gr | 3066,0 gr | 3066,0 gr | | | | |
| $W_{mp} + W_{sh}$ | 4551,5 gr | 4576,0 gr | 4728,5 gr | 4832 gr | 4551,5 gr | | | | |
| W_{sh} | 1485,5 gr | 1510,0 gr | 1662,5 gr | 1766,0 gr | 1485,5 gr | | | | |
| Y_{sh} | 1,57 gr/cm ³ | 1,60 gr/cm ³ | 1,76 gr/cm ³ | 1,87 gr/cm ³ | 1,57 gr/cm ³ | | | | |
| Y_{ss} | 1,43 gr/cm ³ | 1,38 gr/cm ³ | 1,47 gr/cm ³ | 1,49 gr/cm ³ | 1,21 gr/cm ³ | | | | |



Nomenclatura:

ϕ : Diámetro del molde, cm.

h : Altura del molde, cm.

P_{fi} Peso del pesafiltro vacío, gr.

W_{sh} Peso del suelo húmedo, gr.

W_{ss} Peso del suelo seco, gr.

W_w Peso del suelo húmedo, gr.

$\omega\%$ Porcentaje de humedad.

W_{mp} Peso del molde, gr.

W_{sh} Peso del suelo en el molde, gr.

Y_{sh} Peso unitario húmedo, gr/cm³.

Y_{ss} Peso unitario seco, gr/cm³.

Compactación Proctor

Proyecto: Estabilización de Suelos con Silicatos **Fecha:** 20/03/14

Ubicación: Campus U.C.C-

Operador: Perret, Henry-Vigilante, Nicolás

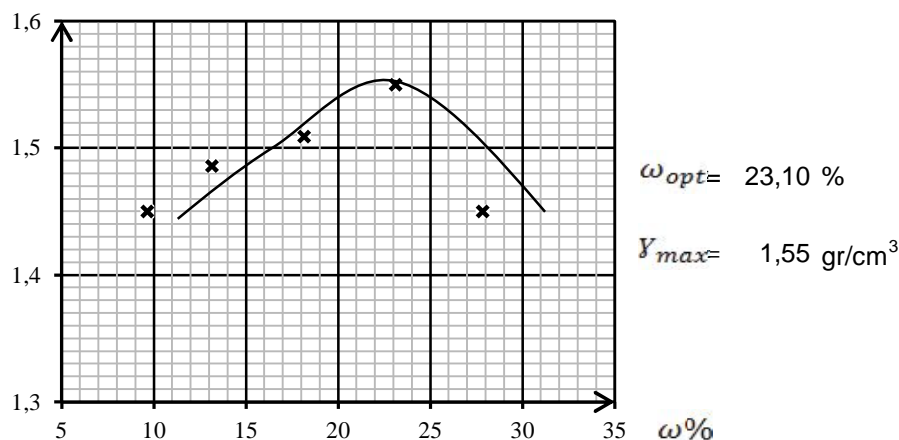
Tipo de Suelo: Limo

Pozo: PCA-1 **Muestra:** M3 **Profundidad:** 1,00 m

Relación (Si: H₂O) = 1:5

Dimensiones del molde: ϕ : 10,16 cm h : 11,64 cm

| HUMEDAD | | A_b 81,07 cm ² | | V_m 943,69 cm ³ | |
|-------------------|-------------------------|-----------------------------|-------------------------|------------------------------|-------------------------|
| Muestra N°: | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Pesafiltro N°: | 1 | 5 | 6 | 2 | 13 |
| : P_{fi} | 343,00 gr | 348,00 gr | 355,00 gr | 347 gr | 336,00 gr |
| $P_{fi} + W_{sh}$ | 377,00 gr | 412,50 gr | 433,00 gr | 421,5 gr | 437,00 gr |
| $P_{fi} + W_{ss}$ | 374,00 gr | 405,00 gr | 421,00 gr | 407,5 gr | 415,00 gr |
| : W_w | 3,00 gr | 7,50 gr | 12,00 gr | 14 gr | 22,00 gr |
| : W_{ss} | 31,00 gr | 57,00 gr | 66,00 gr | 60,5 gr | 79,00 gr |
| : $\omega\%$ | 9,68 % | 13,16 % | 18,18 % | 23,1 % | 27,85 % |
| PESO UNITARIO | | | | | |
| W_{mp} | 3065,0 gr | 3065,0 gr | 3065,0 gr | 3065,0 gr | 3065,0 gr |
| $W_{mp} + W_{sh}$ | 4565,5 gr | 4651,5 gr | 4748,0 gr | 4866,0 gr | 4799,0 gr |
| W_{sh} | 1500,5 gr | 1586,5 gr | 1683,0 gr | 1801,0 gr | 1734,0 gr |
| γ_{sh} | 1,59 gr/cm ³ | 1,68 gr/cm ³ | 1,78 gr/cm ³ | 1,91 gr/cm ³ | 1,84 gr/cm ³ |
| γ_{ss} | 1,45 gr/cm ³ | 1,49 gr/cm ³ | 1,51 gr/cm ³ | 1,55 gr/cm ³ | 1,44 gr/cm ³ |



Nomenclatura:

ϕ : Diámetro del molde, cm.

h : Altura del molde, cm.

P_{fi} Peso del pesafiltro vacío, gr.

W_{sh} Peso del suelo húmedo, gr.

W_{ss} Peso del suelo seco, gr.

W_w Peso del suelo húmedo, gr.

$\omega\%$ Porcentaje de humedad.

W_{mp} Peso del molde, gr.

W_{sh} Peso del suelo en el molde, gr.

γ_{sh} Peso unitario húmedo, gr/cm³.

γ_{ss} Peso unitario seco, gr/cm³.

Compactación Proctor

Proyecto: Estabilización de Suelos con Silicatos

Fecha: 20/03/14

Ubicación: Campus U.C.C-

Operador: Perret, Henry-Vigilante, Nicolás

Tipo de Suelo: Limo

Pozo: PCA-1

Muestra: M3

Profundidad: 1,00 m

Relación (Si: H₂O) = 1:6

Dimensiones del molde:

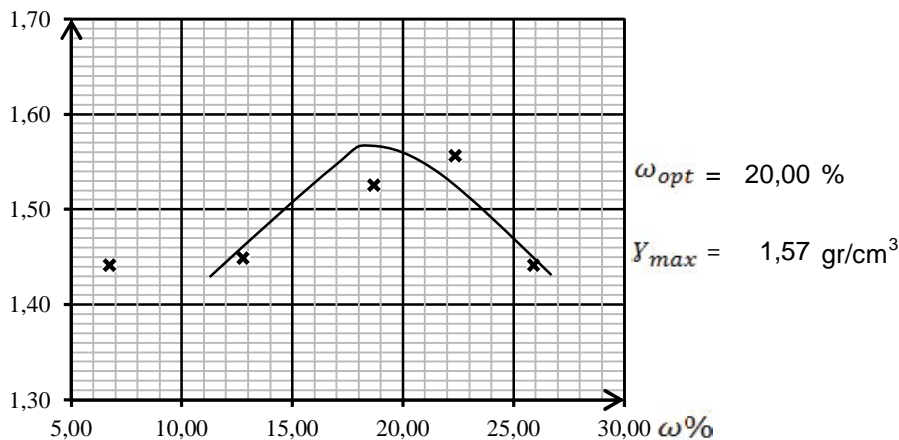
ϕ : 10,16 cm

h : 11,64 cm

A_b : 81,07 cm²

V_m : 943,69 cm³

| HUMEDAD | | | A_{\emptyset} 81,07 cm ² | | | V_{rel} 943,69 cm ³ | | | | |
|-------------------|--------|--------------------|---------------------------------------|--------------------|--------|---|--------|--------------------|--------|--------------------|
| Muestra N°: | 1 | | 2 | | 3 | | 4 | | 5 | |
| Pesafiltro N°: | 10 | | 14 | | 19 | | 9 | | 15 | |
| P_{fi} | 349,00 | gr | 343,00 | gr | 347,50 | gr | 328 | gr | 334,50 | gr |
| $P_{fi} + W_{sh}$ | 404,50 | gr | 396,00 | gr | 430,00 | gr | 415,5 | gr | 456,00 | gr |
| $P_{fi} + W_{ss}$ | 401,00 | gr | 390,00 | gr | 417,00 | gr | 399,5 | gr | 431,00 | gr |
| W_w | 3,50 | gr | 6,00 | gr | 13,00 | gr | 16 | gr | 25,00 | gr |
| W_{ss} | 52,00 | gr | 47,00 | gr | 69,50 | gr | 71,5 | gr | 96,50 | gr |
| $\omega\%$ | 6,73 | % | 12,77 | % | 18,71 | % | 22,4 | % | 25,91 | % |
| PESO UNITARIO | | | | | | | | | | |
| W_{mp} | 4720,5 | gr | 4720,5 | gr | 4720,5 | gr | 4720,5 | gr | 4720,5 | gr |
| $W_{mp} + W_{sh}$ | 6172,0 | gr | 6262,0 | gr | 6429,0 | gr | 6518,0 | gr | 6468,5 | gr |
| W_{sh} | 1451,5 | gr | 1541,5 | gr | 1708,5 | gr | 1797,5 | gr | 1748,0 | gr |
| γ_{sh} | 1,5 | gr/cm ³ | 1,6 | gr/cm ³ | 1,8 | gr/cm ³ | 1,9 | gr/cm ³ | 1,9 | gr/cm ³ |
| γ_{ss} | 1,4 | gr/cm ³ | 1,4 | gr/cm ³ | 1,5 | gr/cm ³ | 1,6 | gr/cm ³ | 1,5 | gr/cm ³ |



Nomenclatura:

ϕ : Diámetro del molde, cm.

h : Altura del molde, cm.

P_{fi} : Peso del pesafiltro vacío, gr.

W_{sh} : Peso del suelo húmedo, gr.

W_{ss} : Peso del suelo seco, gr.

W_w : Peso del suelo húmedo, gr.

$\omega\%$: Porcentaje de humedad.

W_{mp} : Peso del molde, gr.

W_{sh} : Peso del suelo en el molde, gr.

Y_{sh} : Peso unitario húmedo, gr/cm³.

Y_{ss} : Peso unitario seco, gr/cm³.

Compactación Proctor

Proyecto: Estabilización de Suelos con Silicatos

Fecha: 26/03/14

Ubicación: Campus U.C.C-

Operador: Perret, Henry-Vigilante, Nicolás

Tipo de Suelo: Limo

Pozo: PCA-1

Muestra: M3

Profundidad: 1,00 m

Relación (Si: H₂O) = 1:8

Dimensiones del molde:

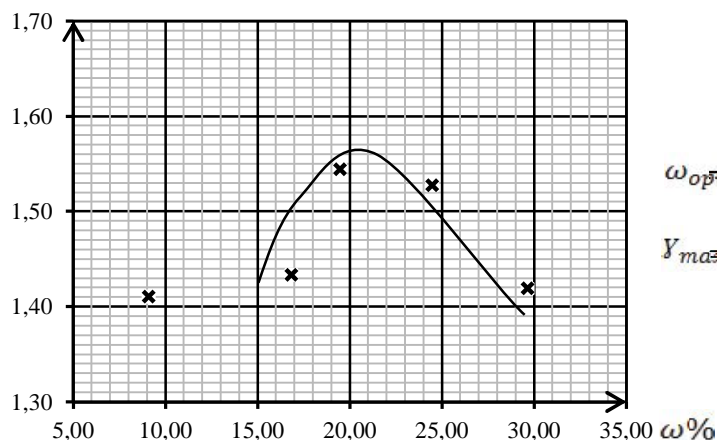
ϕ : 10,16 cm

h : 11,64 cm

A_b : 81,07 cm²

V_m : 943,69 cm³

| HUMEDAD | | | | | | | | | |
|-------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|--|--|--|--|
| Muestra N°: | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | | | | |
| Pesafiltro N°: | 15 | 6 | 1 | 14 | 10 | | | | |
| : P_{fi} | 338,5 gr | 332,5 gr | 343,0 gr | 343,0 gr | 349,5 gr | | | | |
| $P_{fi} + W_{sh}$ | 404,5 gr | 384,5 gr | 456,5 gr | 432,0 gr | 450,0 gr | | | | |
| $P_{fi} + W_{ss}$ | 399,0 gr | 377,0 gr | 438,0 gr | 414,5 gr | 427,0 gr | | | | |
| : W_w | 5,5 gr | 7,5 gr | 18,5 gr | 17,5 gr | 23,0 gr | | | | |
| : W_{ss} | 60,5 gr | 44,5 gr | 95,0 gr | 71,5 gr | 77,5 gr | | | | |
| : $\omega\%$ | 9,09 % | 16,85 % | 19,47 % | 24,5 % | 29,68 % | | | | |
| PESO UNITARIO | | | | | | | | | |
| W_{mp} | 3066,0 gr | 3066,0 gr | 3066,0 gr | 3066,0 gr | 3066,0 gr | | | | |
| $W_{mp} + W_{sh}$ | 4518,0 gr | 4646,5 gr | 4807,0 gr | 4860,0 gr | 4802,5 gr | | | | |
| W_{sh} | 1452,0 gr | 1580,5 gr | 1741,0 gr | 1794,0 gr | 1736,5 gr | | | | |
| Y_{sh} | 1,54 gr/cm ³ | 1,67 gr/cm ³ | 1,84 gr/cm ³ | 1,90 gr/cm ³ | 1,84 gr/cm ³ | | | | |
| Y_{ss} | 1,41 gr/cm ³ | 1,43 gr/cm ³ | 1,54 gr/cm ³ | 1,53 gr/cm ³ | 1,42 gr/cm ³ | | | | |



ω_{opt} 21,00 %

γ_{max} 1,57 gr/cm³

Nomenclatura:

ϕ : Diámetro del molde, cm.

h : Altura del molde, cm.

P_{fi} : Peso del pesafiltro vacío, gr.

W_{sh} : Peso del suelo húmedo, gr.

W_{ss} : Peso del suelo seco, gr.

W_w : Peso del suelo húmedo, gr.

$\omega\%$: Porcentaje de humedad.

W_{mp} : Peso del molde, gr.

W_{sh} : Peso del suelo en el molde, gr.

Y_{sh} : Peso unitario húmedo, gr/cm³.

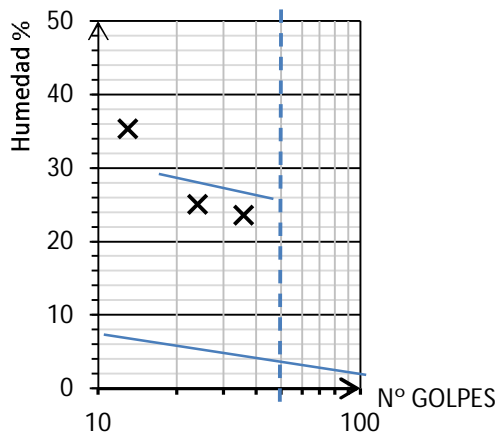
Y_{ss} : Peso unitario seco, gr/cm³.

Determinación del límite líquido y límite plástico

Proyecto: Estabilización de suelos con Silicatos **Fecha:** 19/06/14
Ubicación: Campus UCC
Operador: Perret, Henry-Vigilante, Nicolás
Tipo de Suelo: Limo
Pozo: PCA-1 **Muestra:** M3 **Profundidad:** 1,00

| LÍMITE LÍQUIDO | $\omega_{LL}\%$ | Mezcla | 10:1:2 |
|---------------------|-----------------|-------------|-------------|
| Punto: | 1 (10 a 20) | 2 (20 a 30) | 3 (30 a 40) |
| Nº de golpes: | 13 | 24 | 36 |
| Pesafiltro Nº: | 3 | 1 | 8 |
| P_{fi} : | 11,5 gr | 11,0 gr | 12,0 gr |
| $P_{fi} + W_{sh}$: | 23,0 gr | 21,0 gr | 22,5 gr |
| $P_{fi} + W_{ss}$: | 20,0 gr | 19,0 gr | 20,5 gr |
| W_w : | 3,0 gr | 2,0 gr | 2,0 gr |
| W_{ss} : | 8,5 gr | 8,0 gr | 8,5 gr |
| $\omega\%$: | 35,3 % | 25,0 % | 23,5 % |
| $\omega_{LL}\%$: | 32,6 % | 24,9 % | 24,6 % |

PROMEDIO: 27,4 %



$$\omega_{LL}\% = \omega\% * \left(\frac{N}{25}\right)^{0.121}$$

Límite líquido: 27,36%

Límite plástico: 25,00%

Índice de plasticidad: 2,36%

| Clasificación del Suelo | |
|-------------------------|--------|
| SUCS | AASTHO |
| ML | A-4 |

| LÍMITE PLÁSTICO | $\omega_{LP}\%$ |
|---------------------|-----------------|
| Pesafiltro Nº: | 13 |
| P_{fi} : | 345,0 gr |
| $P_{fi} + W_{sh}$: | 355,0 gr |
| $P_{fi} + W_{ss}$: | 353,0 gr |
| W_w : | 2,0 gr |
| W_{ss} : | 8,0 gr |
| $\omega_{LP}\%$: | 25,0 % |

Nomenclatura:

P_{fi} : Peso del pesafiltro vacío y limpio, gr.

W_{sh} : Peso del suelo húmedo, gr.

W_{ss} : Peso del suelo seco, gr.

W_w : Peso del agua, gr.

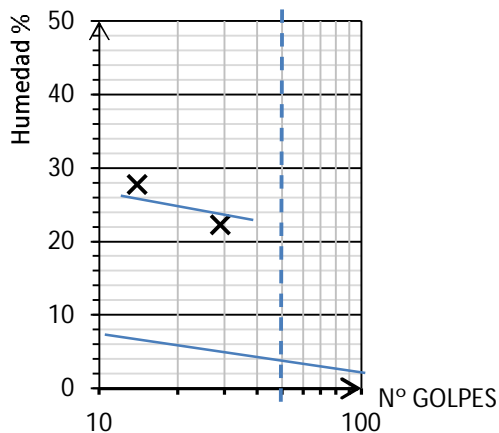
$\omega\%$: Porcentaje de humedad.

Determinación del límite líquido y límite plástico

Proyecto: Estabilización de suelos con silicatos **Fecha:** 19/06/14
Ubicación: Campus UCC
Operador: Perret, Henry-Vigilante, Nicolás
Tipo de Suelo: Limo
Pozo: PCA-1 **Muestra:** M3 **Profundidad:** 1,00

| LÍMITE LÍQUIDO | $\omega_{LL}\%$ | Relación: 18:1:4 |
|---------------------|-----------------|-------------------------|
| Punto: | 1 (10 a 20) | 2 (20 a 30) 3 (30 a 40) |
| Nº de golpes: | 14 | 29 37 |
| Pesafiltro Nº: | 5 | 2 4 |
| P_{fi} : | 10,5 gr | 10,5 gr 10,5 gr |
| $P_{fi} + W_{sh}$: | 22,0 gr | 19,0 gr 21,5 gr |
| $P_{fi} + W_{ss}$: | 19,5 gr | 17,5 gr 19,5 gr |
| W_w : | 2,5 gr | 1,5 gr 2,0 gr |
| W_{ss} : | 9,0 gr | 7,0 gr 9,0 gr |
| $\omega\%$: | 27,8 % | 21,4 % 22,2 % |
| $\omega_{LL}\%$: | 25,9 % | 21,8 % 23,3 % |

PROMEDIO: 24,6 %



$$\omega_{LL}\% = \omega\% * \left(\frac{N}{25}\right)^{0.121}$$

Límite líquido: 24,60%

Límite plástico: 22,22%

Índice de plasticidad: 2,38%

| Clasificación del Suelo | |
|-------------------------|--------|
| SUCS | AASHTO |
| ML | A-4 |

| LÍMITE PLÁSTICO | $\omega_{LP}\%$ |
|---------------------|-----------------|
| Pesafiltro Nº: | 17 |
| P_{fi} : | 353,5 gr |
| $P_{fi} + W_{sh}$: | 364,5 gr |
| $P_{fi} + W_{ss}$: | 362,5 gr |
| W_w : | 2,0 gr |
| W_{ss} : | 9,0 gr |
| $\omega_{LP}\%$: | 22,2 % |

Nomenclatura:

P_{fi} : Peso del pesafiltro vacío y limpio, gr.

W_{sh} : Peso del suelo húmedo, gr.

W_{ss} : Peso del suelo seco, gr.

W_w : Peso del agua, gr.

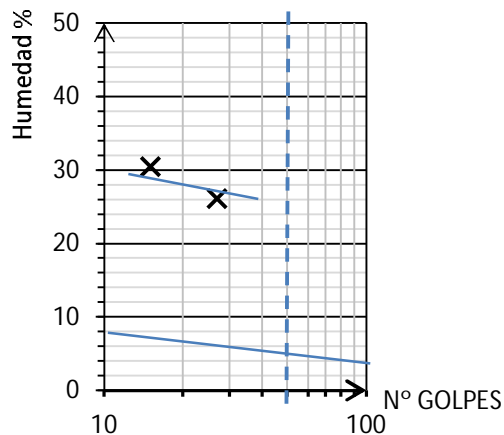
$\omega\%$: Porcentaje de humedad.

Determinación del límite líquido y límite plástico

Proyecto: Estabilización de suelos con silicatos **Fecha:** 19/06/14
Ubicación: Campus UCC
Operador: Perret, Henry-Vigilante, Nicolás
Tipo de Suelo: Limo
Pozo: PCA-1 **Muestra:** M3 **Profundidad:** 1,00

| LÍMITE LÍQUIDO $\omega_{LL}\%$ | | Relación: 22:1:5 | |
|--------------------------------|-------------|------------------|-------------|
| Punto: | 1 (10 a 20) | 2 (20 a 30) | 3 (30 a 40) |
| Nº de golpes: | 15 | 27 | 32 |
| Pesafiltro Nº: | 12 | 8 | 14 |
| P_{fi} : | 345,5 gr | 339,5 gr | 343,0 gr |
| $P_{fi} + W_{sh}$: | 360,5 gr | 354,0 gr | 357,5 gr |
| $P_{fi} + W_{ss}$: | 357,0 gr | 351,5 gr | 354,5 gr |
| W_w : | 3,5 gr | 2,5 gr | 3,0 gr |
| W_{ss} : | 11,5 gr | 12,0 gr | 11,5 gr |
| $\omega\%$: | 30,4 % | 20,8 % | 26,1 % |
| $\omega_{LL}\%$: | 28,6 % | 21,0 % | 26,9 % |

PROMEDIO: 27,7 %



$$\omega_{LL}\% = \omega\% * \left(\frac{N}{25}\right)^{0.121}$$

Límite líquido: 24,60%

Límite plástico: 22,22%

Índice de plasticidad: 2,38%

| Clasificación del Suelo | |
|-------------------------|--------|
| SUCS | AASTHO |
| ML | A-4 |

| LÍMITE PLÁSTICO $\omega_{LP}\%$ | |
|---------------------------------|----------|
| Pesafiltro Nº: | 17 |
| P_{fi} : | 353,5 gr |
| $P_{fi} + W_{sh}$: | 364,5 gr |
| $P_{fi} + W_{ss}$: | 362,5 gr |
| W_w : | 2,0 gr |
| W_{ss} : | 9,0 gr |
| $\omega_{LP}\%$: | 22,2 % |

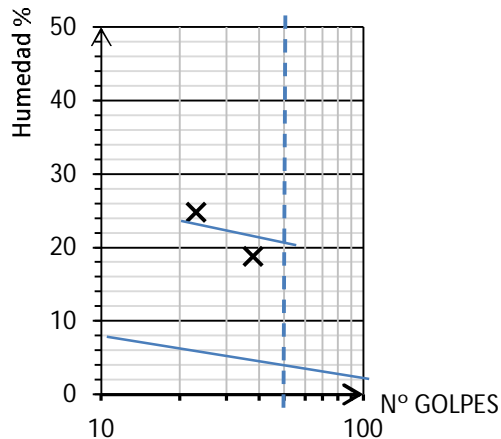
Nomenclatura:

P_{fi} : Peso del pesafiltro vacío y limpio, gr.
 W_{sh} : Peso del suelo húmedo, gr.
 W_{ss} : Peso del suelo seco, gr.
 W_w : Peso del agua, gr.
 $\omega\%$: Porcentaje de humedad.

Determinación del límite líquido y límite plástico

Proyecto: Estabilización de suelos con silicatos **Fecha:** 19/06/14
Ubicación: Campus UCC
Operador: Perret, Henry-Vigilante, Nicolás
Tipo de Suelo: Limo
Pozo: PCA-1 **Muestra:** M3 **Profundidad:** 1,00

| LÍMITE LÍQUIDO $\omega_{LL}\%$ | | Relación: 28:1:6 | | |
|--------------------------------|-------------|------------------|-------------|--|
| Punto: | 1 (10 a 20) | 2 (20 a 30) | 3 (30 a 40) | |
| Nº de golpes: | 19 | 23 | 38 | |
| Pesafiltro Nº: | 1 | 3 | 5 | |
| P_{fi} : | 11,0 gr | 11,5 gr | 10,5 gr | |
| $P_{fi} + W_{sh}$: | 20,5 gr | 21,5 gr | 27,0 gr | |
| $P_{fi} + W_{ss}$: | 19,0 gr | 19,5 gr | 24,5 gr | |
| W_w : | 1,5 gr | 2,0 gr | 2,5 gr | |
| W_{ss} : | 8,0 gr | 8,0 gr | 14,0 gr | |
| $\omega\%$: | 18,8 % | 25,0 % | 17,9 % | |
| $\omega_{LL}\%$: | 18,1 % | 24,7 % | 18,8 % | |
| PROMEDIO: | | 21,8 % | | |



$$\omega_{LL}\% = \omega\% * \left(\frac{N}{25}\right)^{0.121}$$

Límite líquido: 21,77%
Límite plástico: 19,05%
Índice de plasticidad: 2,72%

| Clasificación del Suelo | |
|-------------------------|--------|
| SUCS | AASHTO |
| ML | A-4 |

| LÍMITE PLÁSTICO $\omega_{LP}\%$ | |
|---------------------------------|----------|
| Pesafiltro Nº: | 20 |
| P_{fi} : | 351 gr |
| $P_{fi} + W_{sh}$: | 363,5 gr |
| $P_{fi} + W_{ss}$: | 361,5 gr |
| W_w : | 2,0 gr |
| W_{ss} : | 10,5 gr |
| $\omega_{LP}\%$: | 19,0 % |

Nomenclatura:

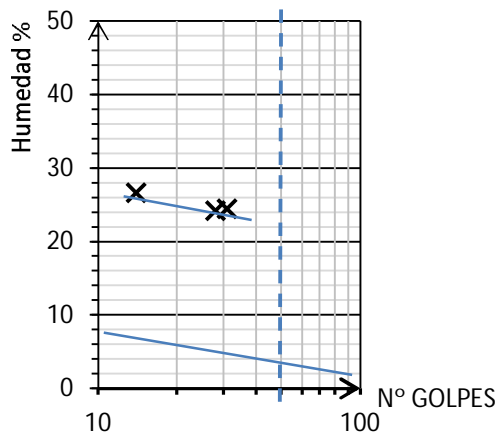
P_{fi} : Peso del pesafiltro vacío y limpio, gr.
 W_{sh} : Peso del suelo húmedo, gr.
 W_{ss} : Peso del suelo seco, gr.
 W_w : Peso del agua, gr.
 $\omega\%$: Porcentaje de humedad.

Determinación del límite líquido y límite plástico

Proyecto: Estabilización de suelos con silicatos **Fecha:** 19/06/14
Ubicación: Campus UCC
Operador: Perret, Henry-Vigilante-Nicolás
Tipo de Suelo: Limo
Pozo: PCA-1 **Muestra:** M3 **Profundidad:** 1,00

| LÍMITE LÍQUIDO | $\omega_{LL}\%$ | Relación: 38:1:8 | | |
|---------------------|-----------------|------------------|-------------|--|
| Punto: | 1 (10 a 20) | 2 (20 a 30) | 3 (30 a 40) | |
| Nº de golpes: | 14 | 28 | 31 | |
| Pesafiltro Nº: | 8 | 2 | 4 | |
| P_{fi} : | 12,0 gr | 11,0 gr | 11,5 gr | |
| $P_{fi} + W_{sh}$: | 21,0 gr | 24,0 gr | 24,5 gr | |
| $P_{fi} + W_{ss}$: | 19,0 gr | 21,5 gr | 22,0 gr | |
| W_w : | 2,0 gr | 2,5 gr | 2,5 gr | |
| W_{ss} : | 7,0 gr | 10,5 gr | 10,5 gr | |
| $\omega\%$: | 28,6 % | 23,8 % | 23,8 % | |
| $\omega_{LL}\%$: | 26,6 % | 24,1 % | 24,4 % | |

PROMEDIO: 25,1 %



$$\omega_{LL}\% = \omega\% * \left(\frac{N}{25}\right)^{0.121}$$

Límite líquido: 25,07%

Límite plástico: 22,22%

Índice de plasticidad: 2,85%

| Clasificación del Suelo | |
|-------------------------|--------|
| SUCS | AASHTO |
| ML | A-4 |

| LÍMITE PLÁSTICO | $\omega_{LP}\%$ |
|---------------------|-----------------|
| Pesafiltro Nº: | 2 |
| P_{fi} : | 344,5 gr |
| $P_{fi} + W_{sh}$: | 355,5 gr |
| $P_{fi} + W_{ss}$: | 353,5 gr |
| W_w : | 2,0 gr |
| W_{ss} : | 9,0 gr |
| $\omega_{LP}\%$: | 22,2 % |

Nomenclatura:

P_{fi} : Peso del pesafiltro vacío y limpio, gr.

W_{sh} : Peso del suelo húmedo, gr.

W_{ss} : Peso del suelo seco, gr.

W_w : Peso del agua, gr.

$\omega\%$: Porcentaje de humedad.

Lavado por tamiz N°200-Muestras con silicato

Proyecto: Estabilización de suelos con silicatos **Fecha:** 12/06/14
Ubicación: Campus UCC
Operador: Perret, Henry-Vigilante, Nicolás
Tipo de Suelo: Limo
Pozo: PCA-1
Muestra: M3

| Mezcla | 10:1:2 | 18:1:4 | 22:1:5 |
|-------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Tipo de suelo: | - | - | - |
| Profundidad: | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| Pesafiltro N°: | 1 | 18 | 6 |
| P_{fi} | 343,0 gr | 334,5 gr | 332,0 gr |
| $P_{fi} + W_{ss}$ | 643,0 gr | 634,5 gr | 632,0 gr |
| $P_{fi} + W_R$ | 390,0 gr | 375,5 gr | 370,0 gr |
| W_{ss} | 300,0 gr | 300,0 gr | 300,0 gr |
| W_R | 47,0 gr | 41,0 gr | 38,0 gr |
| $R_{N°200} \%$ | 15,67 % | 13,67 % | 12,67 % |
| $P_{N°200} \%$ | 84,33 % | 86,33 % | 87,33 % |

| Mezcla | 28:1:6 | 38:1:8 | |
|-------------------|-----------------|-----------------|--|
| Tipo de suelo: | - | - | |
| Profundidad: | 1,00 | 1,00 | |
| Pesafiltro N°: | 15 | 13 | |
| P_{fi} | 338,5 gr | 335,5 gr | |
| $P_{fi} + W_{ss}$ | 638,5 gr | 635,5 gr | |
| $P_{fi} + W_R$ | 373,5 gr | 358,0 gr | |
| W_{ss} | 300,0 gr | 300,0 gr | |
| W_R | 35,0 gr | 22,5 gr | |
| $R_{N°200} \%$ | 11,67 % | 7,50 % | |
| $P_{N°200} \%$ | 88,33 % | 92,50 % | |

Nomenclatura:

- P_{fi} Peso de la bandeja, gr.
- W_{ss} Peso del suelo seco inicial, gr.
- W_R Peso del suelo retenido en el tamiz N° 200, gr.
- $R_{N°200} \%$ Porcentaje de suelo que pasa el tamiz N° 200.

Granulometría Mecánica

Proyecto: Estabilización de suelos con silicatos

Fecha: 25/07/14

Ubicación: Campus UCCC

Operador: Perret, Henry - Vigilante, Nicolás

Pozo: PCA-1

Muestra N°: M3

Profundidad: 1,00

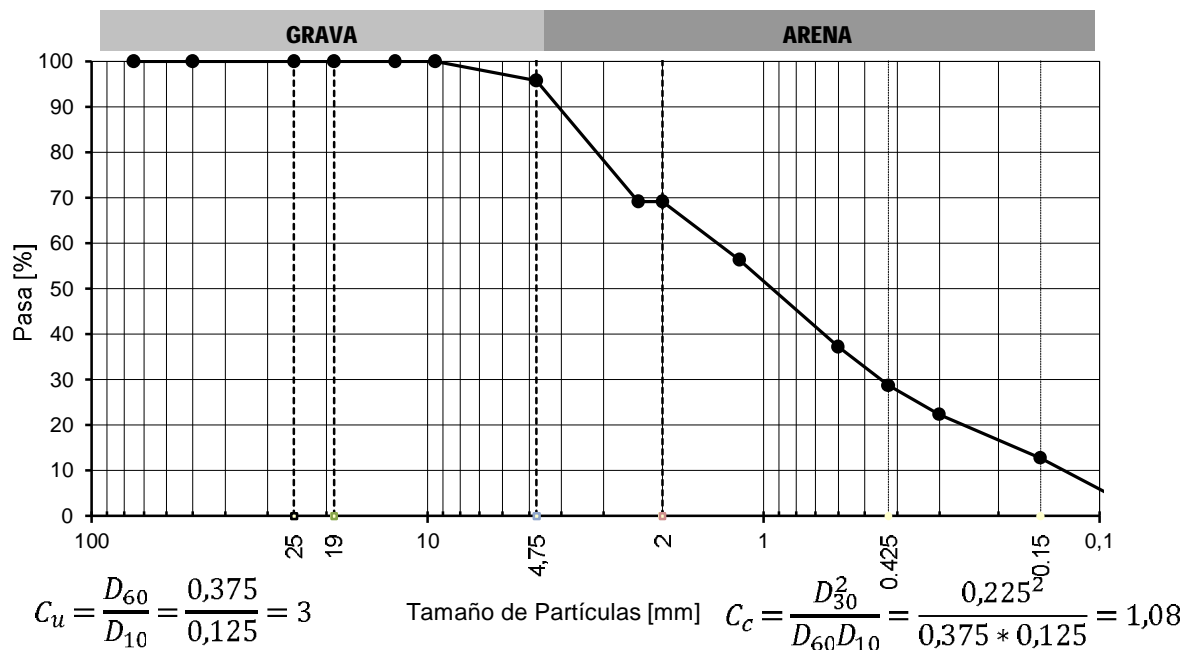
Mezcla 10:1:2

P_f : 343,00 gr

$P_{fi} + W_{ss}$: 390,00 gr

W_{ss} : 47,00 gr

| TAMIZ | Abertura (mm) | Retenido en c/ tamiz (gr) | Pasante (gr) | % Pasante |
|-------------------|---------------|------------------------------|--------------|-----------|
| 3 in. | 75,00 | 0,00 | 47,00 | 100,00 |
| 2 in. | 50,00 | 0,00 | 47,00 | 100,00 |
| 1 in. | 25,00 | 0,00 | 47,00 | 100,00 |
| $\frac{3}{4}$ in. | 19,00 | 0,00 | 47,00 | 100,00 |
| $\frac{1}{2}$ in. | 12,50 | 0,00 | 47,00 | 100,00 |
| $\frac{3}{8}$ in. | 9,50 | 0,00 | 47,00 | 100,00 |
| Nº4 | 4,75 | 2,00 | 45,00 | 95,74 |
| Nº8 | 2,36 | 12,50 | 32,50 | 69,15 |
| Nº10 | 2,00 | 0,00 | 32,50 | 69,15 |
| Nº16 | 1,18 | 6,00 | 26,50 | 56,38 |
| Nº30 | 0,60 | 9,00 | 17,50 | 37,23 |
| Nº40 | 0,425 | 4,00 | 13,50 | 28,72 |
| Nº50 | 0,300 | 3,00 | 10,50 | 22,34 |
| Nº100 | 0,150 | 4,50 | 6,00 | 12,77 |
| Nº200 | 0,075 | 5,50 | 0,50 | 1,06 |
| Tapa | | 0,50 | 0,00 | 0,00 |
| Suma Retenido: | | 47,00 | | |



Granulometría Mecánica

Proyecto: Estabilización de suelos con silicatos

Fecha: 25/07/14

Ubicación: Campus UCC

Operador: Perret, Henry - Vigilante, Nicolás

Pozo: PCA-1

Muestra N°: M3

Profundidad: 1,00

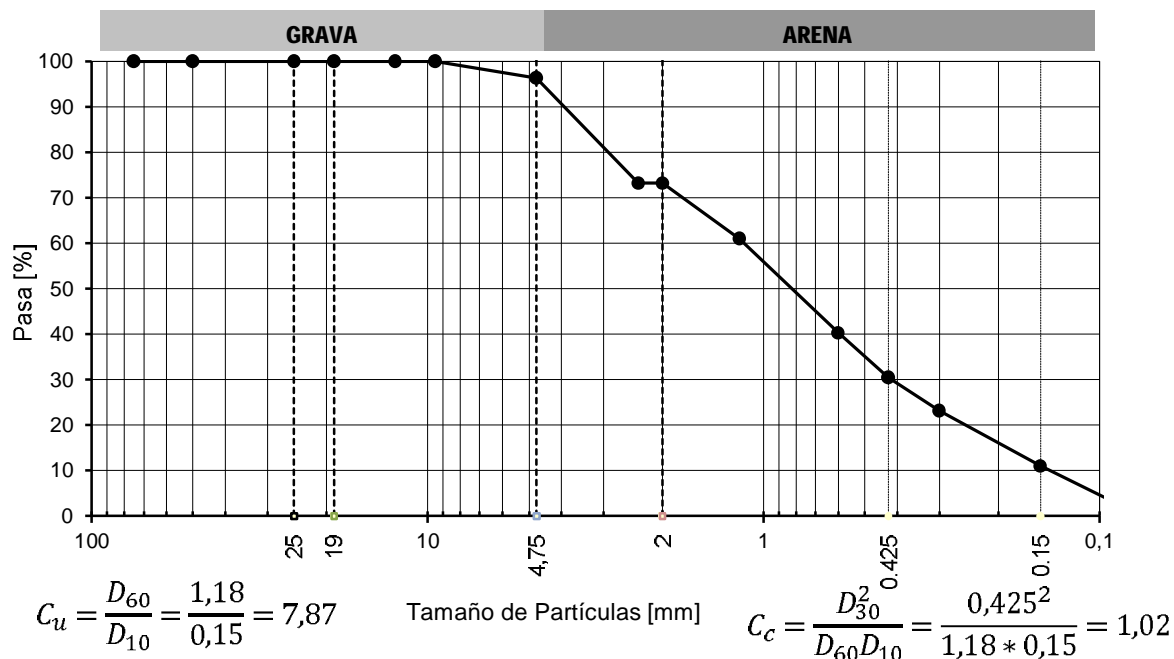
Mezcla: 18:1:4

P_f : 334,50 gr

$P_{fi} + W_{ss}$: 375,50 gr

W_{ss} : 41,00 gr

| TAMIZ | Abertura (mm) | Retenido en c/ tamiz (gr) | Pasante (gr) | % Pasante |
|-------------------|---------------|------------------------------|--------------|-----------|
| 3 in. | 75,00 | 0,00 | 41,00 | 100,00 |
| 2 in. | 50,00 | 0,00 | 41,00 | 100,00 |
| 1 in. | 25,00 | 0,00 | 41,00 | 100,00 |
| $\frac{3}{4}$ in. | 19,00 | 0,00 | 41,00 | 100,00 |
| $\frac{1}{2}$ in. | 12,50 | 0,00 | 41,00 | 100,00 |
| $\frac{3}{8}$ in. | 9,50 | 0,00 | 41,00 | 100,00 |
| Nº4 | 4,75 | 1,50 | 39,50 | 96,34 |
| Nº8 | 2,36 | 9,50 | 30,00 | 73,17 |
| Nº10 | 2,00 | 0,00 | 30,00 | 73,17 |
| Nº16 | 1,18 | 5,00 | 25,00 | 60,98 |
| Nº30 | 0,60 | 8,50 | 16,50 | 40,24 |
| Nº40 | 0,425 | 4,00 | 12,50 | 30,49 |
| Nº50 | 0,300 | 3,00 | 9,50 | 23,17 |
| Nº100 | 0,150 | 5,00 | 4,50 | 10,98 |
| Nº200 | 0,075 | 4,50 | 0,00 | 0,00 |
| Tapa | | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Suma Retenido: | | 41,00 | | |



Granulometría Mecánica

Proyecto: Estabilización de suelos con silicatos

Fecha: 25/07/14

Ubicación: Campus UCC

Operador: Perret, Henry - Vigilante, Nicolás

Pozo: PCA-1

Muestra N°: M3

Profundidad: 1,00

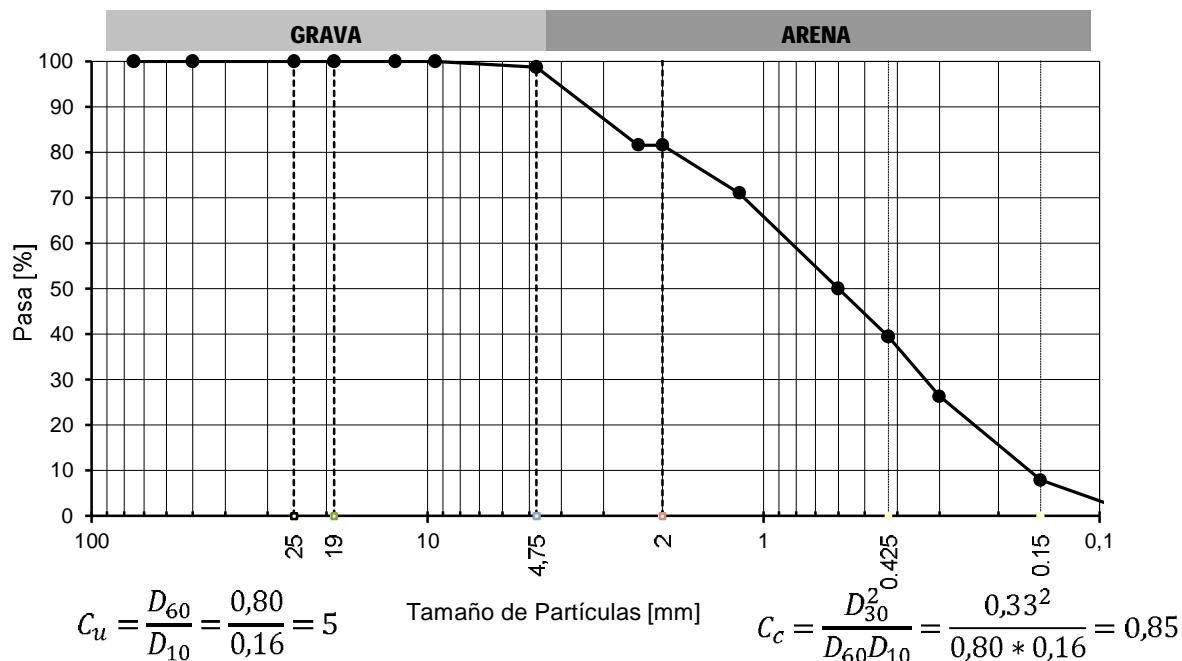
Mezcla 22:1:5

P_f : 332,00 gr

$P_{fi} + W_{ss}$: 370,00 gr

W_{ss} : 38,00 gr

| TAMIZ | Abertura (mm) | Retenido en c/ tamiz (gr) | Pasante (gr) | % Pasante |
|-------------------|---------------|------------------------------|--------------|-----------|
| 3 in. | 75,00 | 0,00 | 38,00 | 100,00 |
| 2 in. | 50,00 | 0,00 | 38,00 | 100,00 |
| 1 in. | 25,00 | 0,00 | 38,00 | 100,00 |
| $\frac{3}{4}$ in. | 19,00 | 0,00 | 38,00 | 100,00 |
| $\frac{1}{2}$ in. | 12,50 | 0,00 | 38,00 | 100,00 |
| $\frac{3}{8}$ in. | 9,50 | 0,00 | 38,00 | 100,00 |
| Nº4 | 4,75 | 0,50 | 37,50 | 98,68 |
| Nº8 | 2,36 | 6,50 | 31,00 | 81,58 |
| Nº10 | 2,00 | 0,00 | 31,00 | 81,58 |
| Nº16 | 1,18 | 4,00 | 27,00 | 71,05 |
| Nº30 | 0,60 | 8,00 | 19,00 | 50,00 |
| Nº40 | 0,425 | 4,00 | 15,00 | 39,47 |
| Nº50 | 0,300 | 5,00 | 10,00 | 26,32 |
| Nº100 | 0,150 | 7,00 | 3,00 | 7,89 |
| Nº200 | 0,075 | 3,00 | 0,00 | 0,00 |
| Tapa | | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Suma Retenido: | | 38,00 | | |



Granulometría Mecánica

Proyecto: Estabilización de suelos con Silicatos

Fecha: 25/07/14

Ubicación: Campus UCC

Operador: Perret, Henry - Vigilante, Nicolás

Pozo: PCA-1

Muestra N°: M3

Profundidad: 1,00

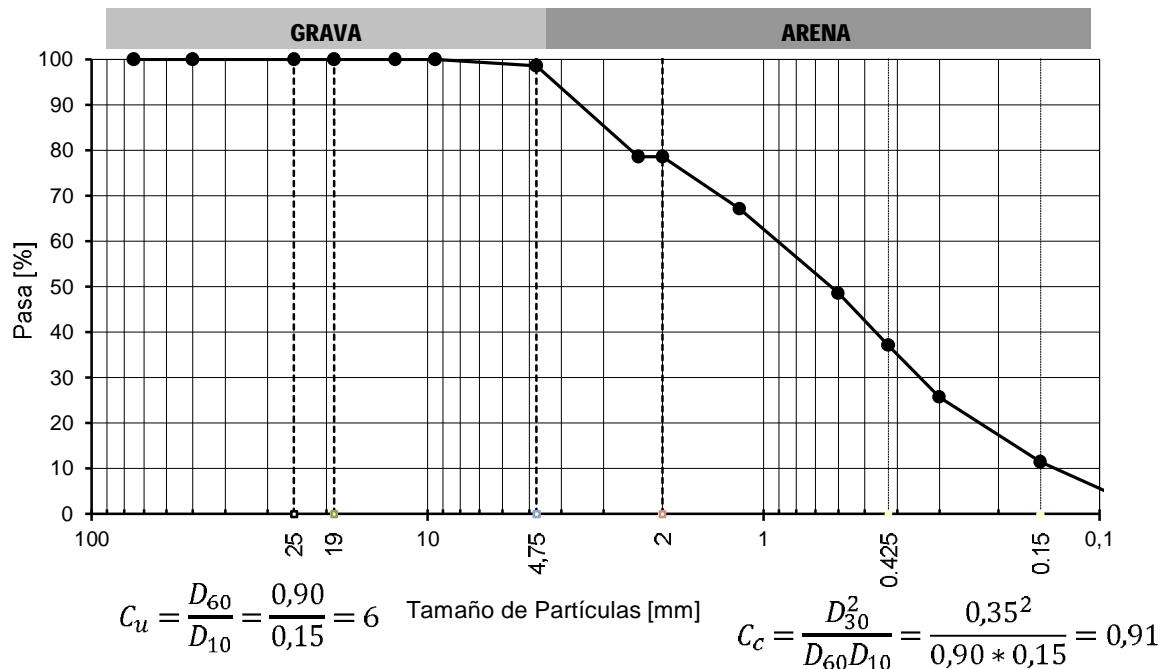
Mecla: 28:1:6

P_f : 338,50 gr

$P_{fi} + W_{ss}$: 373,50 gr

W_{ss} : 35,00 gr

| TAMIZ | Abertura (mm) | Retenido en c/ tamiz (gr) | Pasante (gr) | % Pasante |
|-------------------|---------------|------------------------------|--------------|-----------|
| 3 in. | 75,00 | 0,00 | 35,00 | 100,00 |
| 2 in. | 50,00 | 0,00 | 35,00 | 100,00 |
| 1 in. | 25,00 | 0,00 | 35,00 | 100,00 |
| $\frac{3}{4}$ in. | 19,00 | 0,00 | 35,00 | 100,00 |
| $\frac{1}{2}$ in. | 12,50 | 0,00 | 35,00 | 100,00 |
| $\frac{3}{8}$ in. | 9,50 | 0,00 | 35,00 | 100,00 |
| Nº4 | 4,75 | 0,50 | 34,50 | 98,57 |
| Nº8 | 2,36 | 7,00 | 27,50 | 78,57 |
| Nº10 | 2,00 | 0,00 | 27,50 | 78,57 |
| Nº16 | 1,18 | 4,00 | 23,50 | 67,14 |
| Nº30 | 0,60 | 6,50 | 17,00 | 48,57 |
| Nº40 | 0,425 | 4,00 | 13,00 | 37,14 |
| Nº50 | 0,300 | 4,00 | 9,00 | 25,71 |
| Nº100 | 0,150 | 5,00 | 4,00 | 11,43 |
| Nº200 | 0,075 | 3,50 | 0,50 | 1,43 |
| Tapa | | 0,50 | 0,00 | 0,00 |
| Suma Retenido: | | 35,00 | | |



Granulometría Mecánica

Proyecto: Estabilización de suelos con silicatos

Fecha: 25/07/14

Ubicación: Campus UCC

Operador: Perret, Henry - Vigilante, Nicolás

Pozo: PCA-1

Muestra N°: M3

Profundidad: 1,00

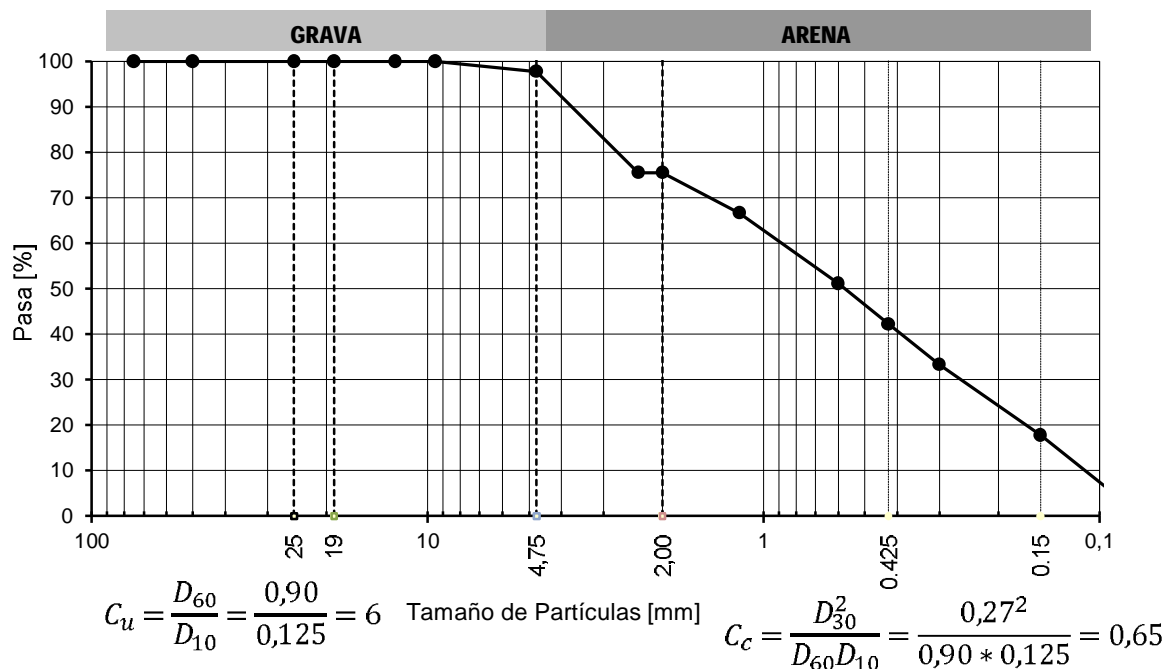
Relación: 1:8

P_f : 335,50 gr

$P_{fi} + W_{ss}$: 358,00 gr

W_{ss} : 22,50 gr

| TAMIZ | Abertura (mm) | Retenido en c/ tamiz (gr) | Pasante (gr) | % Pasante |
|-------------------|---------------|------------------------------|--------------|-----------|
| 3 in. | 75,00 | 0,00 | 22,50 | 100,00 |
| 2 in. | 50,00 | 0,00 | 22,50 | 100,00 |
| 1 in. | 25,00 | 0,00 | 22,50 | 100,00 |
| $\frac{3}{4}$ in. | 19,00 | 0,00 | 22,50 | 100,00 |
| $\frac{1}{2}$ in. | 12,50 | 0,00 | 22,50 | 100,00 |
| $\frac{3}{8}$ in. | 9,50 | 0,00 | 22,50 | 100,00 |
| Nº4 | 4,75 | 0,50 | 22,00 | 97,78 |
| Nº8 | 2,36 | 5,00 | 17,00 | 75,56 |
| Nº10 | 2,00 | 0,00 | 17,00 | 75,56 |
| Nº16 | 1,18 | 2,00 | 15,00 | 66,67 |
| Nº30 | 0,60 | 3,50 | 11,50 | 51,11 |
| Nº40 | 0,425 | 2,00 | 9,50 | 42,22 |
| Nº50 | 0,300 | 2,00 | 7,50 | 33,33 |
| Nº100 | 0,150 | 3,50 | 4,00 | 17,78 |
| Nº200 | 0,075 | 4,00 | 0,00 | 0,00 |
| Tapa | | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Suma Retenido: | | 22,50 | | |



Compactación Proctor

Proyecto: Estabilización de Suelos con Silicatos **Fecha:** 26/03/14
Ubicación: Campus U.C.C-
Operador: Perret, Henry-Vigilante, Nicolás
Tipo de Suelo: Limo
Pozo: PCA-1 **Muestra:** M3 **Profundidad:** 1,00 m
Tiempo (días): 3

Dimensiones del molde: ϕ : 10,16 cm h : 11,64 cm
 A_0 : 81,07 cm² V_m : 943,69 cm³

| HUMEDAD | | | | | |
|-------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| Mezcla* | 10:1:2 | 18:1:4 | 22:1:5 | 28:1:6 | 38:1:8 |
| Pesafiltro N°: | 5 | 10 | 15 | 6 | 1 |
| : P_{fi} | 348,0 gr | 349,0 gr | 344,5 gr | 355,0 gr | 343,0 gr |
| $P_{fi} + W_{sh}$ | 458,5 gr | 452,5 gr | 417,5 gr | 418,0 gr | 463,0 gr |
| $P_{fi} + W_{ss}$ | 442,5 gr | 435,0 gr | 405,5 gr | 408,0 gr | 443,5 gr |
| : W_w | 16,0 gr | 17,5 gr | 12,0 gr | 10,0 gr | 19,5 gr |
| : W_{ss} | 94,5 gr | 86,0 gr | 61,0 gr | 53,0 gr | 100,5 gr |
| : $\omega\%$ | 16,9 % | 20,3 % | 19,7 % | 18,9 % | 19,4 % |
| PESO UNITARIO | | | | | |
| W_{mp} | 4690,0 gr | 3065,0 gr | 3065,0 gr | 3065,0 gr | 3065,0 gr |
| $W_{mp} + W_{sh}$ | 6276,5 gr | 4767,0 gr | 4788,0 gr | 4778,0 gr | 4802,5 gr |
| W_{sh} | 1586,5 gr | 1702,0 gr | 1723,0 gr | 1713,0 gr | 1737,5 gr |
| γ_{sh} | 1,68 gr/cm ³ | 1,80 gr/cm ³ | 1,83 gr/cm ³ | 1,82 gr/cm ³ | 1,84 gr/cm ³ |
| γ_{ss} | 1,44 gr/cm ³ | 1,50 gr/cm ³ | 1,53 gr/cm ³ | 1,53 gr/cm ³ | 1,54 gr/cm ³ |

Nomenclatura:

- ϕ : Diámetro del molde, cm.
- h : Altura del molde, cm.
- P_{fi} : Peso del pesafiltro vacío y limpio, gr.
- W_{sh} : Peso del suelo húmedo, gr.
- W_{ss} : Peso del suelo seco, gr.
- W_w : Peso del suelo húmedo, gr.
- * Suelo:Si:H₂O
- $\omega\%$: Porcentaje de humedad.
- W_{mp} : Peso del molde, gr.
- W_{shp} : Peso del suelo en el molde, gr.
- γ_{sh} : Peso unitario húmedo, gr/cm³.
- γ_{ss} : Peso unitario seco, gr/cm³.

Compactación Proctor

Proyecto: Estabilización de Suelos con Silicatos **Fecha:** 26/03/14
Ubicación: Campus U.C.C-
Operador: Perret, Henry-Vigilante, Nicolás
Tipo de Suelo: Limo
Pozo: PCA-1 **Muestra:** M3 **Profundidad:** 1,00 m
Tiempo (días): 7

Dimensiones del molde: ϕ : 10,16 cm h : 11,64 cm
 A_o : 81,07 cm² V_m : 943,69 cm³

| HUMEDAD | | | | | |
|-------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| Mezcla* | 10:1:2 | 18:1:4 | 22:1:5 | 28:1:6 | 38:1:8 |
| Pesafiltro N°: | 10 | 15 | 5 | 6 | 15 |
| : P_{fi} | 349,0 gr | 345,0 gr | 348,0 gr | 355,0 gr | 344,5 gr |
| $P_{fi} + W_{sh}$ | 417,0 gr | 470,0 gr | 452,5 gr | 442,5 gr | 386,0 gr |
| $P_{fi} + W_{ss}$ | 406,5 gr | 446,5 gr | 434,5 gr | 427,0 gr | 379,0 gr |
| : W_w | 10,5 gr | 23,5 gr | 18,0 gr | 15,5 gr | 7,0 gr |
| : W_{ss} | 57,5 gr | 101,5 gr | 86,5 gr | 72,0 gr | 34,5 gr |
| : $\omega\%$ | 18,26 % | 23,15 % | 20,81 % | 21,53 % | 20,29 % |
| PESO UNITARIO | | | | | |
| W_{mp} | 3065,0 gr | 4687,0 gr | 3065,0 gr | 3066,0 gr | 4687,0 gr |
| $W_{mp} + W_{sh}$ | 4668,0 gr | 6446,0 gr | 4797,5 gr | 4803,5 gr | 6420,5 gr |
| W_{sh} | 1603,0 gr | 1759,0 gr | 1732,5 gr | 1737,5 gr | 1733,5 gr |
| Y_{sh} | 1,70 gr/cm ³ | 1,86 gr/cm ³ | 1,84 gr/cm ³ | 1,84 gr/cm ³ | 1,84 gr/cm ³ |
| Y_{ss} | 1,44 gr/cm ³ | 1,51 gr/cm ³ | 1,52 gr/cm ³ | 1,52 gr/cm ³ | 1,53 gr/cm ³ |

Nomenclatura:

- ϕ : Diámetro del molde, cm.
- h : Altura del molde, cm.
- P_{fi} : Peso del pesafiltro vacío y limpio, gr.
- W_{sh} : Peso del suelo húmedo, gr.
- W_{ss} : Peso del suelo seco, gr.
- W_w : Peso del suelo húmedo, gr.
- * Suelo:Si:H₂O
- $\omega\%$: Porcentaje de humedad.
- W_{mp} : Peso del molde, gr.
- W_{shp} : Peso del suelo en el molde, gr.
- Y_{sh} : Peso unitario húmedo, gr/cm³.
- Y_{ss} : Peso unitario seco, gr/cm³.

Compactación Proctor

Proyecto: Estabilización de Suelos con Silicatos **Fecha:** 15/04/14
Ubicación: Campus U.C.C-
Operador: Perret, Henry-Vigilante, Nicolás
Tipo de Suelo: Limo
Pozo: PCA-1 **Muestra:** M3 **Profundidad:** 1,00 m
Tiempo (días): 14

Dimensiones del molde: ϕ : 10,16 cm h : 11,64 cm
 A_o : 81,07 cm² V_m : 943,69 cm³

| HUMEDAD | | | | | |
|-------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| Mezcla* | 10:1:2 | 18:1:4 | 22:1:5 | 28:1:6 | 38:1:8 |
| Pesafiltro N°: | 12 | 9 | 10 | 5 | 19 |
| : P_{fi} | 345,5 gr | 328,5 gr | 349,0 gr | 348,0 gr | 347,5 gr |
| $P_{fi} + W_{sh}$ | 552,0 gr | 496,0 gr | 554,0 gr | 534,5 gr | 538,0 gr |
| $P_{fi} + W_{ss}$ | 519,5 gr | 465,5 gr | 519,5 gr | 504,0 gr | 510,0 gr |
| : W_w | 32,5 gr | 30,5 gr | 34,5 gr | 30,5 gr | 28,0 gr |
| : W_{ss} | 174,0 gr | 137,0 gr | 170,5 gr | 156,0 gr | 162,5 gr |
| : $\omega\%$ | 18,68 % | 22,26 % | 20,23 % | 19,6 % | 17,23 % |
| PESO UNITARIO | | | | | |
| W_{mp} | 3065,0 gr | 3065,0 gr | 3065,0 gr | 3065,0 gr | 3065,0 gr |
| $W_{mp} + W_{sh}$ | 4672,5 gr | 4784,0 gr | 4786,5 gr | 4787,5 gr | 4759,5 gr |
| W_{sh} | 1607,5 gr | 1719,0 gr | 1721,5 gr | 1722,5 gr | 1694,5 gr |
| Y_{sh} | 1,70 gr/cm ³ | 1,82 gr/cm ³ | 1,82 gr/cm ³ | 1,83 gr/cm ³ | 1,80 gr/cm ³ |
| Y_{ss} | 1,44 gr/cm ³ | 1,49 gr/cm ³ | 1,52 gr/cm ³ | 1,53 gr/cm ³ | 1,53 gr/cm ³ |

Nomenclatura:

- ϕ : Diámetro del molde, cm.
- h : Altura del molde, cm.
- P_{fi} : Peso del pesafiltro vacío y limpio, gr.
- W_{sh} : Peso del suelo húmedo, gr.
- W_{ss} : Peso del suelo seco, gr.
- W_w : Peso del suelo húmedo, gr.
- * Suelo:Si:H₂O
- $\omega\%$: Porcentaje de humedad.
- W_{mp} : Peso del molde, gr.
- W_{shp} : Peso del suelo en el molde, gr.
- Y_{sh} : Peso unitario húmedo, gr/cm³.
- Y_{ss} : Peso unitario seco, gr/cm³.

Compactación Proctor

Proyecto: Estabilización de Suelos con Silicatos

Fecha: 07/04/14

Ubicación: Campus U.C.C-

Operador: Perret, Henry-Vigilante, Nicolás

Tipo de Suelo: Limo

Pozo: PCA-1

Muestra: M3

Profundidad: 1,00 m

Tiempo (días): 21

Dimensiones del molde:

ϕ : 10,16 cm

h : 11,64 cm

A_o : 81,07 cm²

V_m : 943,69 cm³

| HUMEDAD | | | | | |
|-------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| Mezcla* | 10:1:2 | 18:1:4 | 22:1:5 | 28:1:6 | 38:1:8 |
| Pesafiltro N°: | 15 | 18 | 4 | 10 | 1 |
| : P_{fi} | 338,5 gr | 334,5 gr | 354,0 gr | 349,0 gr | 347,0 gr |
| $P_{fi} + W_{sh}$ | 479,5 gr | 509,5 gr | 491,5 gr | 478,0 gr | 491,0 gr |
| $P_{fi} + W_{ss}$ | 456,5 gr | 476,5 gr | 467,5 gr | 455,0 gr | 468,5 gr |
| : W_w | 23,0 gr | 33,0 gr | 24,0 gr | 23,0 gr | 22,5 gr |
| : W_{ss} | 118,0 gr | 142,0 gr | 113,5 gr | 106,0 gr | 121,5 gr |
| : $\omega\%$ | 19,49 % | 23,24 % | 21,15 % | 21,7 % | 18,52 % |
| PESO UNITARIO | | | | | |
| W_{mp} | 3065,0 gr | 3065,0 gr | 3065,0 gr | 3065,0 gr | 3065,0 gr |
| $W_{mp} + W_{sh}$ | 4724,5 gr | 4798,0 gr | 4800,5 gr | 4810,0 gr | 4779,0 gr |
| W_{sh} | 1659,5 gr | 1733,0 gr | 1735,5 gr | 1745,0 gr | 1714,0 gr |
| Y_{sh} | 1,76 gr/cm ³ | 1,84 gr/cm ³ | 1,84 gr/cm ³ | 1,85 gr/cm ³ | 1,82 gr/cm ³ |
| Y_{ss} | 1,47 gr/cm ³ | 1,49 gr/cm ³ | 1,52 gr/cm ³ | 1,52 gr/cm ³ | 1,53 gr/cm ³ |

Nomenclatura:

ϕ : Diámetro del molde, cm.

h : Altura del molde, cm.

P_{fi} Peso del pesafiltro vacío y limpio, gr.

W_{sh} Peso del suelo húmedo, gr.

W_{ss} Peso del suelo seco, gr.

W_w Peso del suelo húmedo, gr.

* Suelo:Si:H₂O

$\omega\%$: Porcentaje de humedad.

W_{mp} : Peso del molde, gr.

W_{shp} : Peso del suelo en el molde, gr.

Y_{sh} : Peso unitario húmedo, gr/cm³.

Y_{ss} : Peso unitario seco, gr/cm³.

Compresión Simple

Proyecto: Estabilización de Suelos con Silicatos

Fecha: 03/04/14

Ubicación: Campus UCC

Operador: Perret, Henry-Vigilante, Nicolás

Tipo de Suelo: Limo

Pozo: PCA-1

Muestra: 3

Profundidad:

1 m

Mezcla: 10:1:2

Edad: 3 días

Dimensiones de la probeta:

Diám. D_0 : 10,16 cm

Factor aro: 15,72 kg/div

Altura L_0 : 11,64 cm

W_{shs} : 1582,00 gr

Área A_0 : **81,07 cm²**

W_{sss} : 1436,09 gr

Vol. V_s : **943,69 cm³**

γ_{ss} : 1,52 gr/cm³

| Deformación axial ΔL (0,01mm) | Deformación axial unitaria ϵ_v % | Área corregida A_c (cm ²) | Lectura aro (div) | Carga de compresión P (kg) | Tensión de compresión σ_1 (kg/cm ²) |
|--|--|--|----------------------|---------------------------------|---|
| 0 | 0,00 | 81,07 | 0,0 | 0,00 | 0,00 |
| 10 | 0,09 | 81,14 | 1,0 | 15,72 | 0,19 |
| 20 | 0,17 | 81,21 | 1,3 | 20,44 | 0,25 |
| 30 | 0,26 | 81,28 | 1,3 | 20,44 | 0,25 |
| 40 | 0,34 | 81,35 | 2,0 | 31,44 | 0,39 |
| 50 | 0,43 | 81,42 | 2,1 | 33,01 | 0,41 |
| 60 | 0,52 | 81,49 | 2,2 | 34,58 | 0,42 |
| 70 | 0,60 | 81,56 | 3,0 | 47,16 | 0,58 |
| 80 | 0,69 | 81,63 | 3,1 | 48,73 | 0,60 |
| 90 | 0,77 | 81,70 | 3,3 | 51,88 | 0,63 |
| 100 | 0,86 | 81,78 | 3,7 | 58,16 | 0,71 |
| 110 | 0,95 | 81,85 | 4,0 | 62,88 | 0,77 |
| 120 | 1,03 | 81,92 | 4,5 | 70,74 | 0,86 |
| 130 | 1,12 | 81,99 | 5,0 | 78,60 | 0,96 |
| 140 | 1,20 | 82,06 | 5,3 | 83,32 | 1,02 |
| 150 | 1,29 | 82,13 | 6,0 | 94,32 | 1,15 |
| 160 | 1,37 | 82,20 | 6,2 | 97,46 | 1,19 |
| 170 | 1,46 | 82,27 | 6,5 | 102,18 | 1,24 |
| 180 | 1,55 | 82,35 | 7,0 | 110,04 | 1,34 |
| 190 | 1,63 | 82,42 | 7,2 | 113,18 | 1,37 |
| 200 | 1,72 | 82,49 | 7,5 | 117,90 | 1,43 |
| 210 | 1,80 | 82,56 | 7,9 | 124,19 | 1,50 |
| 220 | 1,89 | 82,64 | 8,0 | 125,76 | 1,52 |
| 230 | 1,98 | 82,71 | 8,0 | 125,76 | 1,52 |
| 240 | 2,06 | 82,78 | 8,0 | 125,76 | 1,52 |

Compresión Simple

Proyecto: Estabilización de Suelos con Silicatos

Ubicación: Campus UCC

Operador: Perret, Henry-Vigilante, Nicolás

Tipo de Suelo: Limo

Pozo: PCA-1 **Muestra:** 3

Mezcla: 10:1:2 **Edad:** 3 días

Dimensiones de la probeta:

Diám. D_0 : 10,16 cm

Altura L_0 : 11,64 cm

Área A_0 : 81,07 cm²

Vol. V_s : 943,69 cm³

Fecha: 03/04/14

Profundidad: 1 m

Factor aro: 15,72 kg/div

W_{shs} : 1582,00 gr

W_{sss} : 1436,09 gr

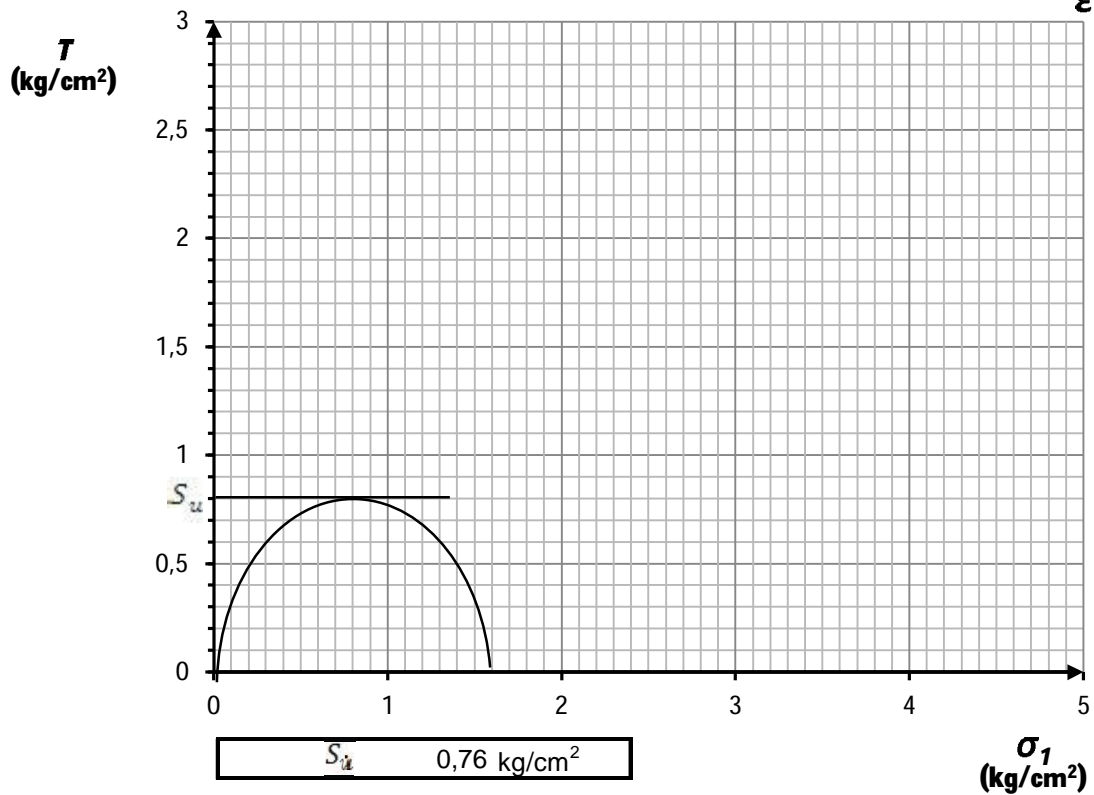
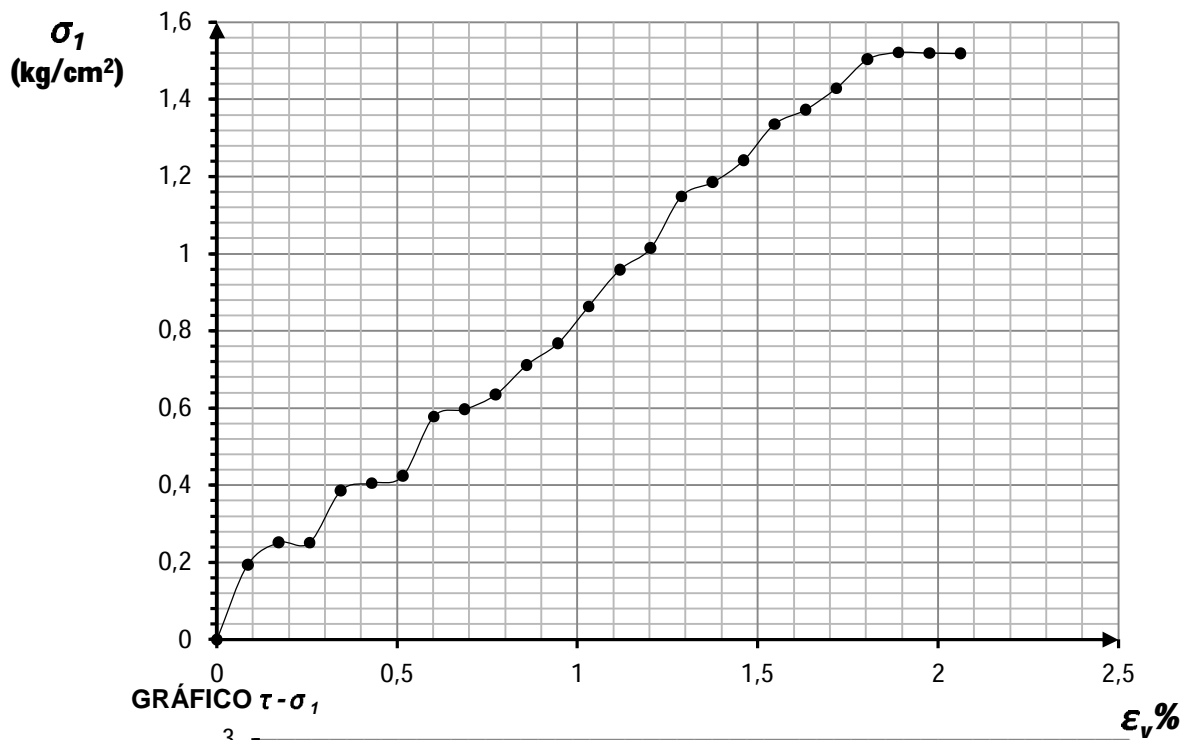
γ_{ss} : 1,52 gr/cm³

Contenido de humedad:

| | |
|----------------------|----------|
| Pesafiltro N°: | 18 |
| P_{fi} : | 334,5 gr |
| $P_{fi} + W_{shs}$: | 683 gr |
| $P_{fi} + W_{sss}$: | 633,5 gr |
| W_w : | 49,5 gr |
| W_{ss} : | 299 gr |
| $\omega\%$: | 16,6 % |

Compresión Simple (Hoja2)

GRÁFICO $\sigma_1 - \epsilon_v \%$



Compresión Simple

Proyecto: Estabilización de Suelos con Silicatos

Fecha: 03/04/14

Ubicación: Campus UCC

Operador: Perret, Henry-Vigilante, Nicolás

Tipo de Suelo: Limo

Pozo: PCA-1

Muestra: 3

Profundidad:

1 m

Mezcla: 10:1:2

Edad: 7 días

Dimensiones de la probeta:

Diám. D_0 : 10,16 cm

Factor aro: 15,72 kg/div

Altura L_0 : 11,64 cm

W_{shs} : 1593,00 gr

Área A_0 : 81,07 cm²

W_{sss} : 1355,20 gr

Vol. V_s : 943,69 cm³

γ_{ss} : 1,44 gr/cm³

| Deformación axial ΔL (0,01mm) | Deformación axial unitaria | Área corregida A_c (cm ²) | Lectura aro (div) | Carga de compresión P (kg) | Tensión de compresión σ_1 (kg/cm ²) |
|--|----------------------------|--|----------------------|---------------------------------|---|
| 0 | 0,00 | 81,07 | 0,0 | 0,00 | 0,00 |
| 10 | 0,09 | 81,14 | 0,8 | 12,58 | 0,15 |
| 20 | 0,17 | 81,21 | 1,2 | 18,86 | 0,23 |
| 30 | 0,26 | 81,28 | 2,0 | 31,44 | 0,39 |
| 40 | 0,34 | 81,35 | 2,6 | 40,87 | 0,50 |
| 50 | 0,43 | 81,42 | 3,8 | 59,74 | 0,73 |
| 60 | 0,52 | 81,49 | 5,0 | 78,60 | 0,96 |
| 70 | 0,60 | 81,56 | 6,0 | 94,32 | 1,16 |
| 80 | 0,69 | 81,63 | 7,0 | 110,04 | 1,35 |
| 90 | 0,77 | 81,70 | 8,2 | 128,90 | 1,58 |
| 100 | 0,86 | 81,78 | 9,5 | 149,34 | 1,83 |
| 110 | 0,95 | 81,85 | 10,1 | 158,77 | 1,94 |
| 120 | 1,03 | 81,92 | 11,0 | 172,92 | 2,11 |
| 130 | 1,12 | 81,99 | 11,8 | 185,496 | 2,26 |
| 140 | 1,20 | 82,06 | 12,0 | 188,64 | 2,30 |
| 150 | 1,29 | 82,13 | 12,2 | 191,78 | 2,34 |
| 160 | 1,37 | 82,20 | 12,2 | 191,78 | 2,33 |
| 170 | 1,46 | 82,27 | 12,2 | 191,78 | 2,33 |

Compresión Simple

Proyecto: Estabilización de Suelos con Silicatos

Ubicación: Campus UCC

Operador: Perret, Henry-Vigilante, Nicolás

Tipo de Suelo: Limo

Pozo: PCA-1 **Muestra:** 3

Mezcla: 10:1:2 **Edad:** 7 días

Dimensiones de la probeta:

Diám. D_0 : 10,16 cm

Altura L_0 : 11,64 cm

Área A_0 : 81,07 cm²

Vol. V_s : 943,69 cm³

Fecha: 03/04/14

Profundidad: 1 m

Factor aro: 15,72 kg/div

W_{shs} : 1593,00 gr

W_{sss} : 1355,20 gr

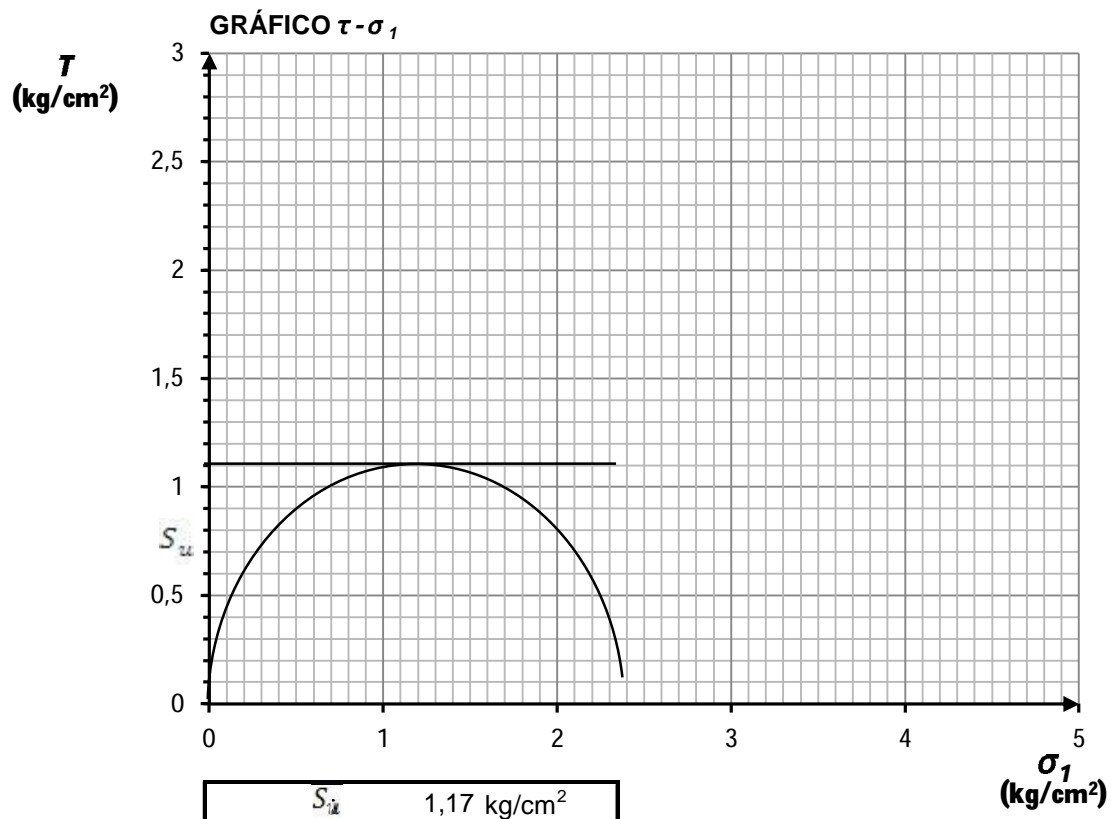
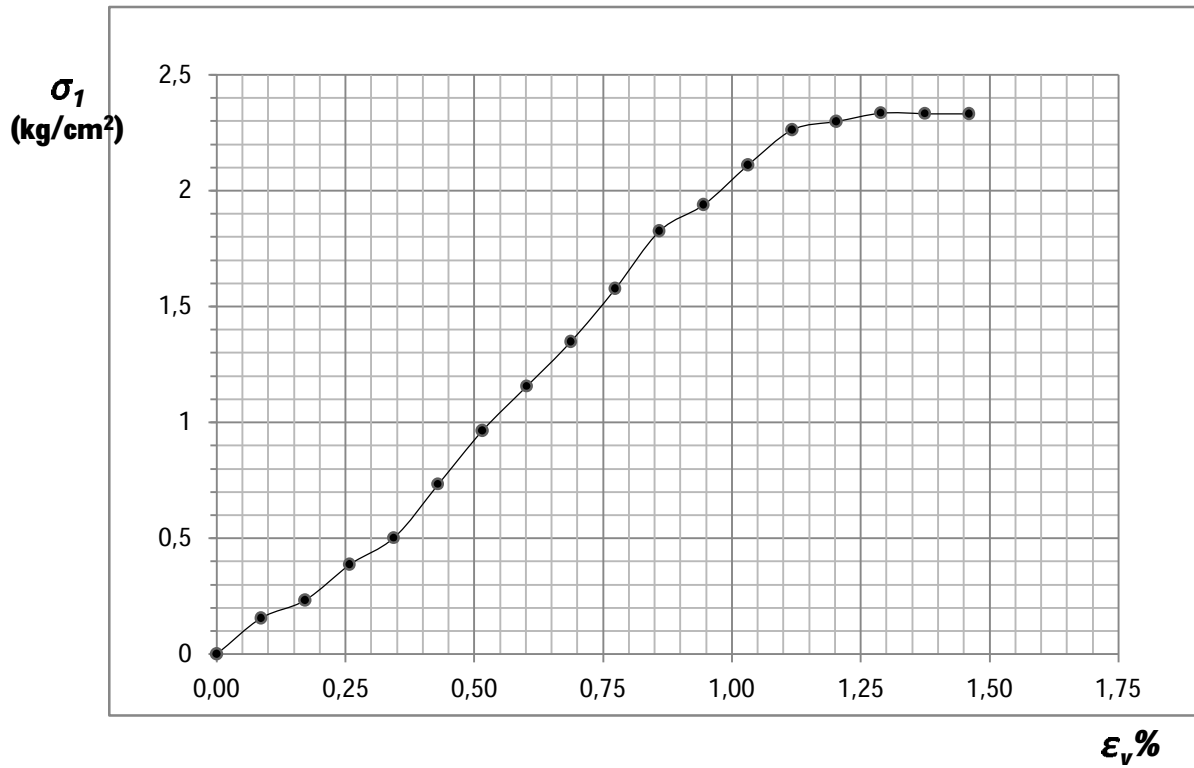
γ_{ss} : 1,44 gr/cm³

Contenido de humedad:

| | | |
|----------------------|-------|----|
| Pesafiltro N°: | 19 | |
| P_{fi} : | 347,5 | gr |
| $P_{fi} + W_{shs}$: | 659,0 | gr |
| $P_{fi} + W_{sss}$: | 612,5 | gr |
| W_w : | 46,5 | gr |
| W_{ss} : | 265 | gr |
| $\omega\%$: | 17,5 | % |

Compresión Simple (Hoja2)

GRÁFICO $\sigma_1 - \epsilon_v \%$



Compresión Simple

Proyecto: Estabilización de Suelos con Silicatos

Fecha: 03/04/14

Ubicación: Campus UCC

Operador: Perret, Henry-Vigilante, Nicolás

Tipo de Suelo: Limo

Pozo: PCA-1

Muestra: 3

Profundidad: 1 m

Mezcla: 10:1:2

Edad: 14 días

Dimensiones de la probeta:

Diám. D_0 : 10,16 cm

Factor aro: 15,72 kg/div

Altura L_0 : 11,64 cm

W_{shs} : 1594,00 gr

Área A_0 : 81,07 cm²

W_{sss} : 1354,27 gr

Vol. V_s : 943,69 cm³

γ_{ss} : 1,44 gr/cm³

| Deformación axial ΔL (0,01mm) | Deformación axial unitaria ϵ_v % | Área corregida A_c (cm ²) | Lectura aro (div) | Carga de compresión P (kg) | Tensión de compresión σ_1 (kg/cm ²) |
|--|--|--|----------------------|---------------------------------|---|
| 0 | 0,00 | 81,07 | 0,0 | 0,00 | 0,00 |
| 10 | 0,09 | 81,14 | 0,5 | 7,86 | 0,10 |
| 20 | 0,17 | 81,21 | 1,0 | 15,72 | 0,19 |
| 30 | 0,26 | 81,28 | 1,2 | 18,86 | 0,23 |
| 40 | 0,34 | 81,35 | 1,8 | 28,30 | 0,35 |
| 50 | 0,43 | 81,42 | 2,0 | 31,44 | 0,39 |
| 60 | 0,52 | 81,49 | 3,0 | 47,16 | 0,58 |
| 70 | 0,60 | 81,56 | 4,0 | 62,88 | 0,77 |
| 80 | 0,69 | 81,63 | 5,5 | 86,46 | 1,06 |
| 90 | 0,77 | 81,70 | 7,0 | 110,04 | 1,35 |
| 100 | 0,86 | 81,78 | 9,5 | 149,34 | 1,83 |
| 110 | 0,95 | 81,85 | 10,0 | 157,20 | 1,92 |
| 120 | 1,03 | 81,92 | 11,0 | 172,92 | 2,11 |
| 130 | 1,12 | 81,99 | 12,0 | 188,64 | 2,30 |
| 140 | 1,20 | 82,06 | 13,0 | 204,36 | 2,49 |
| 150 | 1,29 | 82,13 | 13,0 | 204,36 | 2,49 |
| 160 | 1,37 | 82,20 | 13,0 | 204,36 | 2,49 |

Compresión Simple

Proyecto: Estabilización de Suelos con Silicatos

Ubicación: Campus UCC

Operador: Perret, Henry-Vigilante, Nicolás

Tipo de Suelo: Limo

Pozo: PCA-1 **Muestra:** 3

Mezcla: 10:1:2 **Edad:** 14 días

Dimensiones de la probeta:

Diám. D_0 : 10,16 cm

Altura L_0 : 11,64 cm

Área A_0 : 81,07 cm²

Vol. V_s : 943,69 cm³

Fecha: 03/04/14

Profundidad: 1 m

Factor aro: 15,72 kg/div

W_{shs} : 1594,00 gr

W_{sss} : 1354,27 gr

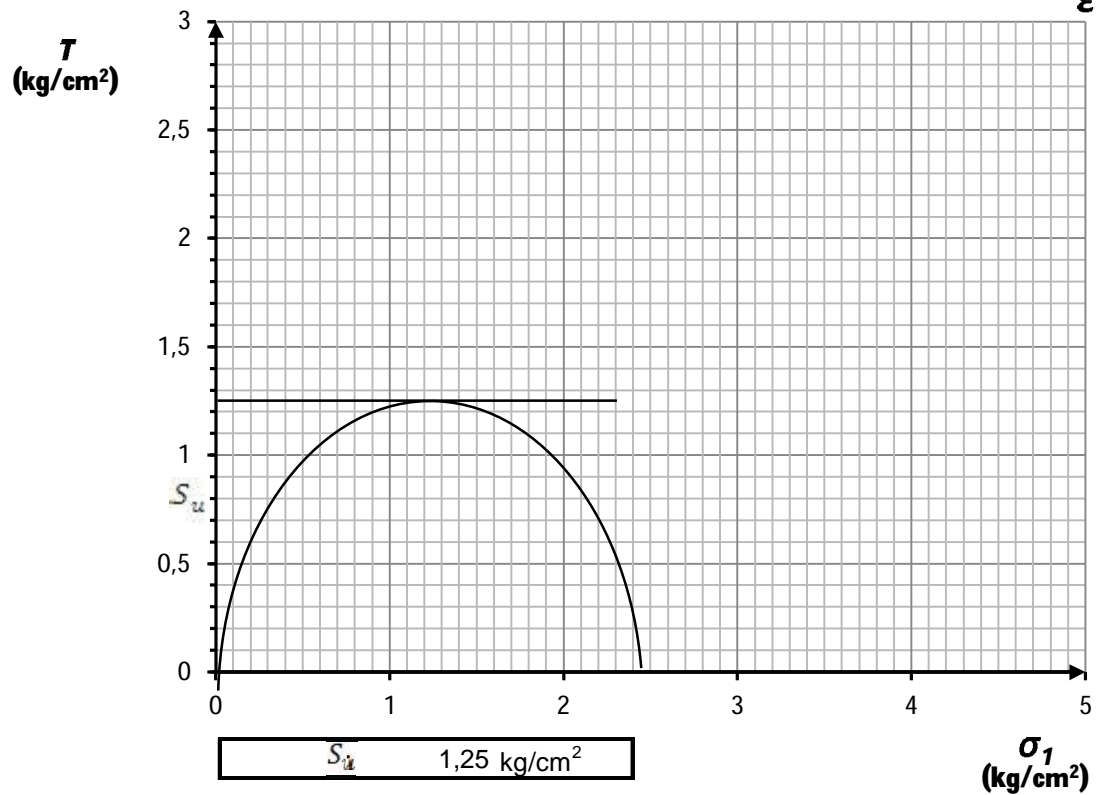
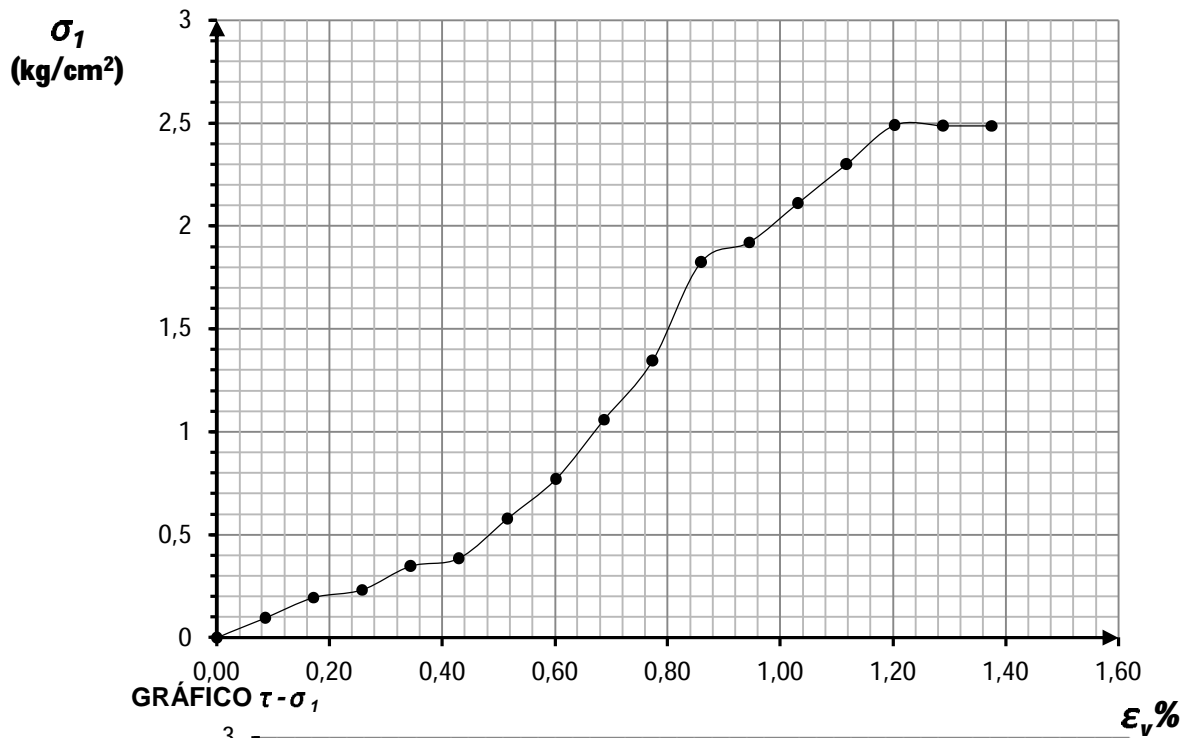
γ_{ss} : 1,44 gr/cm³

Contenido de humedad:

| | | |
|----------------------|-------|----|
| Pesafiltro N°: | 23 | |
| P_{fi} : | 329,5 | gr |
| $P_{fi} + W_{shs}$: | 708,5 | gr |
| $P_{fi} + W_{sss}$: | 651,5 | gr |
| W_w : | 57,0 | gr |
| W_{ss} : | 322,0 | gr |
| $\omega\%$: | 17,7 | % |

Compresión Simple (Hoja2)

GRÁFICO $\sigma_1 - \varepsilon_v$ %



Compresión Simple

Proyecto: Estabilización de Suelos con Silicatos

Fecha: 03/04/14

Ubicación: Campus UCC

Operador: Perret, Henry-Vigilante, Nicolás

Tipo de Suelo: Limo

Pozo: PCA-1

Muestra: 3

Profundidad:

1 m

Mezcla: 10:1:2

Edad: 21 días

Dimensiones de la probeta:

Diám. D_0 : 10,16 cm

Factor aro: 15,72 kg/div

Altura L_0 : 11,64 cm

W_{shs} : 1644,00 gr

Área A_0 : 81,07 cm²

W_{sss} : 1388,90 gr

Vol. V_s : 943,69 cm³

γ_{ss} : 1,47 gr/cm³

| Deformación axial ΔL (0,01mm) | Deformación axial unitaria ϵ_v % | Área corregida A_c (cm ²) | Lectura aro (div) | Carga de compresión P (kg) | Tensión de compresión σ_1 (kg/cm ²) |
|--|--|--|----------------------|---------------------------------|---|
| 0 | 0,00 | 81,07 | 0,0 | 0,00 | 0,00 |
| 10 | 0,09 | 81,14 | 1,0 | 15,72 | 0,19 |
| 20 | 0,17 | 81,21 | 1,5 | 23,58 | 0,29 |
| 30 | 0,26 | 81,28 | 2,0 | 31,44 | 0,39 |
| 40 | 0,34 | 81,35 | 3,0 | 47,16 | 0,58 |
| 50 | 0,43 | 81,42 | 4,0 | 62,88 | 0,77 |
| 60 | 0,52 | 81,49 | 5,5 | 86,46 | 1,06 |
| 70 | 0,60 | 81,56 | 7,0 | 110,04 | 1,35 |
| 80 | 0,69 | 81,63 | 8,0 | 125,76 | 1,54 |
| 90 | 0,77 | 81,70 | 9,0 | 141,48 | 1,73 |
| 100 | 0,86 | 81,78 | 10,0 | 157,20 | 1,92 |
| 110 | 0,95 | 81,85 | 11,5 | 180,78 | 2,21 |
| 120 | 1,03 | 81,92 | 12,0 | 188,64 | 2,30 |
| 130 | 1,12 | 81,99 | 12,5 | 196,5 | 2,40 |
| 140 | 1,20 | 82,06 | 13,0 | 204,36 | 2,49 |
| 150 | 1,29 | 82,13 | 13,0 | 204,36 | 2,49 |
| 160 | 1,37 | 82,20 | 13,0 | 204,36 | 2,49 |

Compresión Simple

Proyecto: Estabilización de Suelos con Silicatos

Ubicación: Campus UCC

Operador: Perret, Henry-Vigilante, Nicolás

Tipo de Suelo: Limo

Pozo: PCA-1 **Muestra:** 3

Mezcla: 10:1:2 **Edad:** 21 días

Dimensiones de la probeta:

Diám. D_0 : 10,16 cm

Altura L_0 : 11,64 cm

Área A_0 : 81,07 cm²

Vol. V_s : 943,69 cm³

Fecha: 03/04/14

Profundidad: 1 m

Factor aro: 15,72 kg/div

W_{shs} : 1644,00 gr

W_{sss} : 1388,90 gr

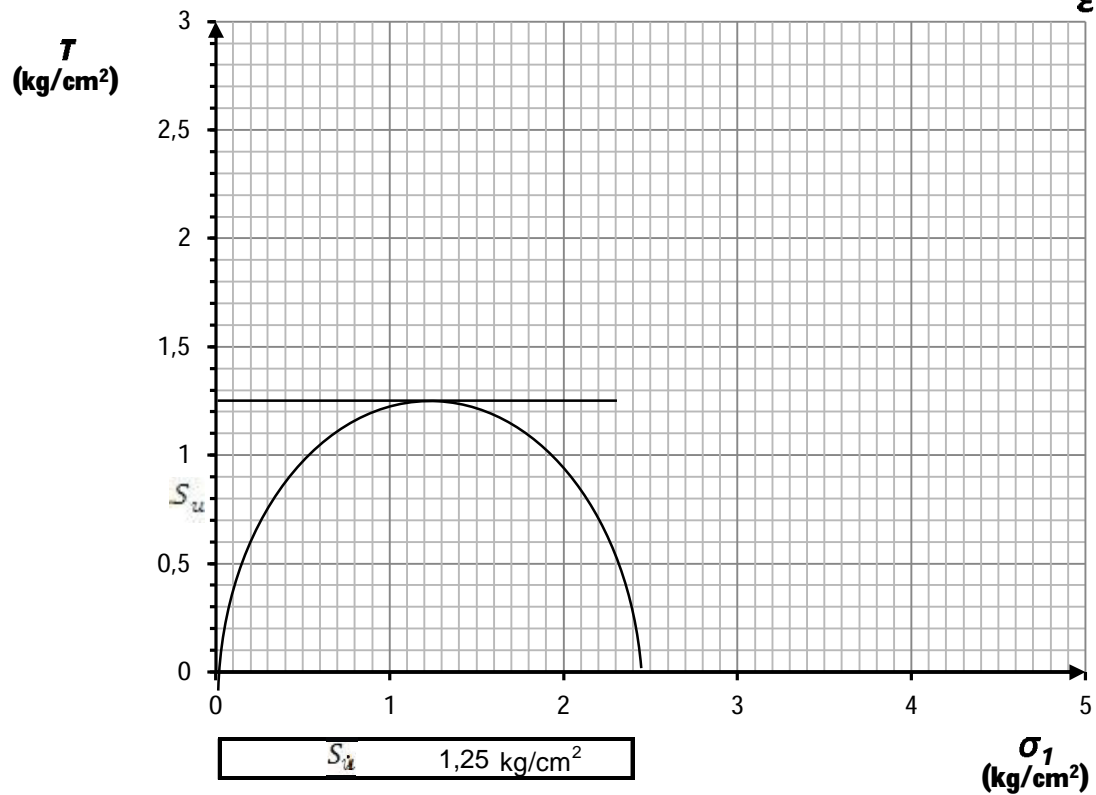
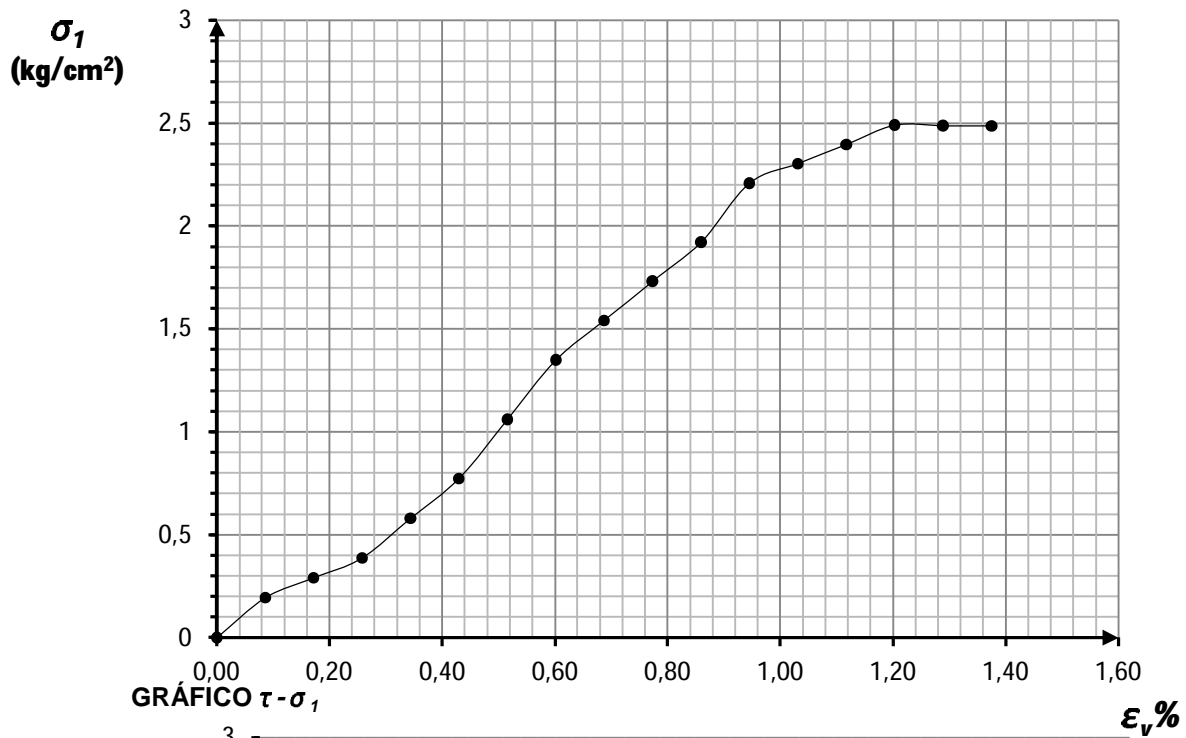
γ_{ss} : 1,47 gr/cm³

Contenido de humedad:

| | | |
|----------------------|-------|----|
| Pesafiltro N°: | 10 | |
| P_{fi} : | 349 | gr |
| $P_{fi} + W_{shs}$: | 697 | gr |
| $P_{fi} + W_{sss}$: | 643,0 | gr |
| W_w : | 54 | gr |
| W_{ss} : | 294 | gr |
| $\omega\%$: | 18,4 | % |

Compresión Simple (Hoja2)

GRÁFICO $\sigma_1 - \epsilon_v \%$



Compresión Simple

Proyecto: Estabilización de Suelos con Silicatos

Fecha: 03/04/14

Ubicación: Campus UCC

Operador: Perret, Henry-Vigilante, Nicolás

Tipo de Suelo: Limo

Pozo: PCA-1

Muestra: 3

Profundidad:

1 m

Mezcla: 18:1:4

Edad: 3 días

Dimensiones de la probeta:

Diám. D_0 : 10,16 cm

Factor aro: 15,72 kg/div

Altura L_0 : 11,64 cm

W_{shs} : 1693,00 gr

Área A_0 : 81,07 cm²

W_{sss} : 1536,86 gr

Vol. V_s : 943,69 cm³

Y_{ss} : 1,63 gr/cm³

| Deformación axial ΔL (0,01mm) | Deformación axial unitaria $\varepsilon_v \%$ | Área corregida A_c (cm ²) | Lectura aro (div) | Carga de compresión P (kg) | Tensión de compresión σ_1 (kg/cm ²) |
|--|--|--|----------------------|---------------------------------|---|
| 0 | 0,00 | 81,07 | 0,0 | 0,00 | 0,00 |
| 10 | 0,09 | 81,14 | 1,0 | 15,72 | 0,19 |
| 20 | 0,17 | 81,21 | 1,1 | 17,29 | 0,21 |
| 30 | 0,26 | 81,28 | 1,6 | 25,15 | 0,31 |
| 40 | 0,34 | 81,35 | 2,0 | 31,44 | 0,39 |
| 50 | 0,43 | 81,42 | 2,5 | 39,30 | 0,48 |
| 60 | 0,52 | 81,49 | 3,0 | 47,16 | 0,58 |
| 70 | 0,60 | 81,56 | 3,5 | 55,02 | 0,67 |
| 80 | 0,69 | 81,63 | 4,2 | 66,02 | 0,81 |
| 90 | 0,77 | 81,70 | 5,0 | 78,60 | 0,96 |
| 100 | 0,86 | 81,78 | 6,0 | 94,32 | 1,15 |
| 110 | 0,95 | 81,85 | 6,5 | 102,18 | 1,25 |
| 120 | 1,03 | 81,92 | 7,0 | 110,04 | 1,34 |
| 130 | 1,12 | 81,99 | 8,0 | 125,76 | 1,53 |
| 140 | 1,20 | 82,06 | 8,5 | 133,62 | 1,63 |
| 150 | 1,29 | 82,13 | 9,0 | 141,48 | 1,72 |
| 160 | 1,37 | 82,20 | 9,1 | 143,05 | 1,74 |
| 170 | 1,46 | 82,27 | 9,8 | 154,06 | 1,87 |
| 180 | 1,55 | 82,35 | 10,0 | 157,20 | 1,91 |
| 190 | 1,63 | 82,42 | 10,2 | 160,34 | 1,95 |
| 200 | 1,72 | 82,49 | 10,2 | 160,34 | 1,94 |
| 210 | 1,80 | 82,56 | 10,7 | 168,20 | 2,04 |
| 220 | 1,89 | 82,64 | 10,8 | 169,78 | 2,05 |
| 230 | 1,98 | 82,71 | 10,8 | 169,78 | 2,05 |
| 240 | 2,06 | 82,78 | 10,8 | 169,78 | 2,05 |

Compresión Simple

Proyecto: Estabilización de Suelos con Silicatos

Ubicación: Campus UCC

Operador: Perret, Henry-Vigilante, Nicolás

Tipo de Suelo: Limo

Pozo: PCA-1 **Muestra:** 3

Mezcla: 18:1:4 **Edad:** 3 días

Dimensiones de la probeta:

Diám. D_0 : 10,16 cm

Altura L_0 : 11,64 cm

Área A_0 : 81,07 cm²

Vol. V_s : 943,69 cm³

Fecha: 03/04/14

Profundidad: 1 m

Factor aro: 15,72 kg/div

W_{shs} : 1693,00 gr

W_{sss} : 1536,86 gr

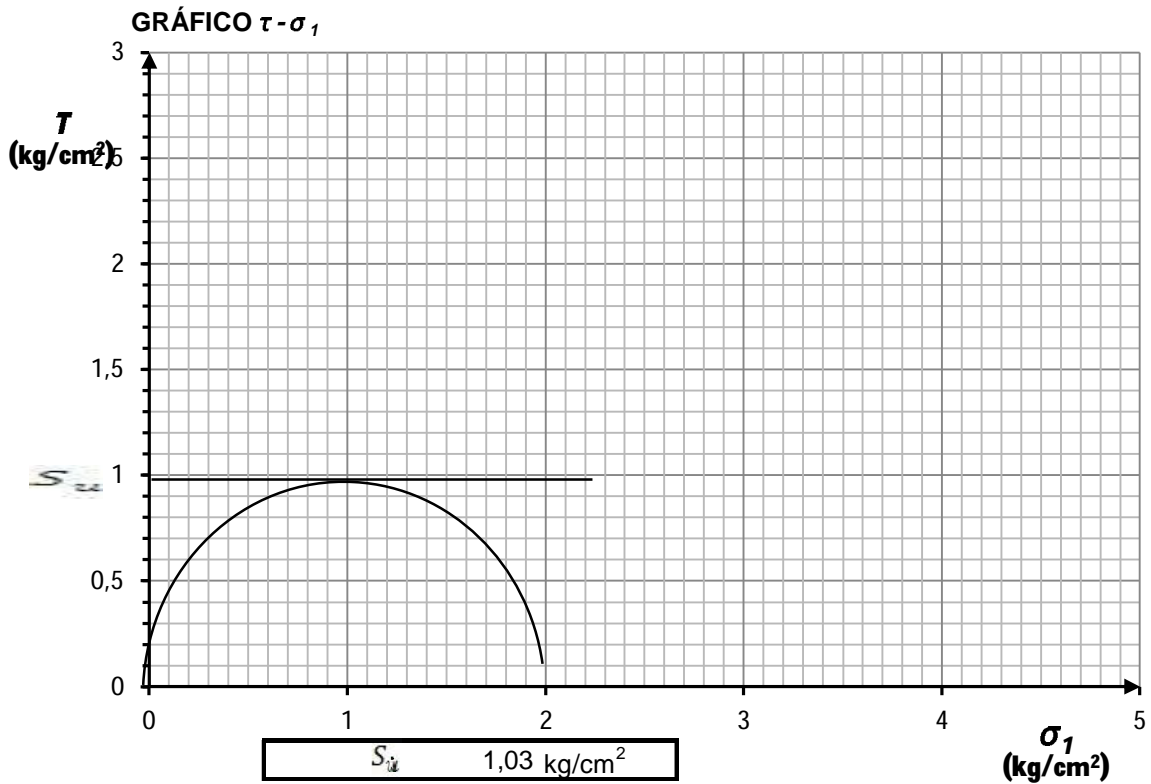
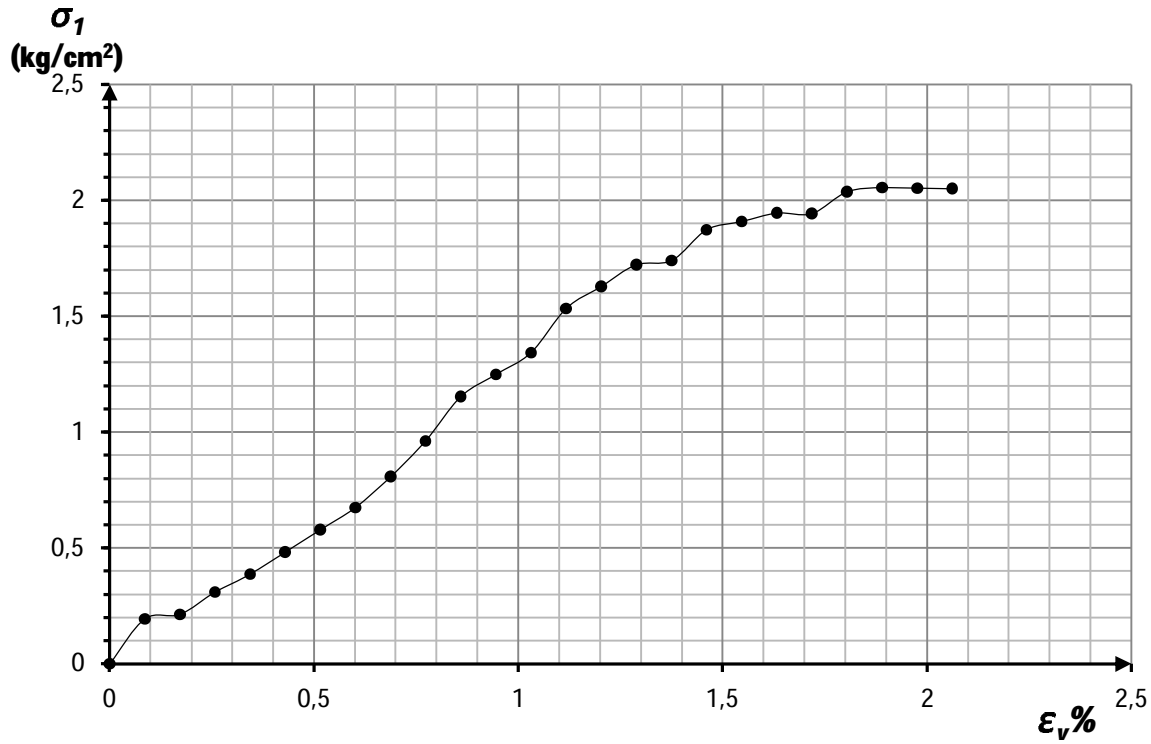
γ_{ss} : 1,63 gr/cm³

Contenido de humedad:

| | |
|---------------------|----------|
| Pesafiltro N°: | 1 |
| P_{fi} : | 347 gr |
| $P_{fi} + W_{sh}$: | 690 gr |
| $P_{fi} + W_{ss}$: | 633,5 gr |
| W_w : | 56,5 gr |
| W_{ss} : | 286,5 gr |
| $\omega\%$: | 19,7 % |

Compresión Simple (Hoja2)

GRÁFICO $\sigma_1 - \epsilon_v \%$



Compresión Simple

Proyecto: Estabilización de Suelos con Silicatos

Fecha: 03/04/14

Ubicación: Campus UCC

Operador: Perret, Henry-Vigilante, Nicolás

Tipo de Suelo: Limo

Pozo: PCA-1

Muestra: 3

Profundidad:

1 m

Mezcla: 18:1:4

Edad: 7 días

Dimensiones de la probeta:

Diám. D_0 : 10,16 cm

Factor aro: 15,72 kg/div

Altura L_0 : 11,64 cm

W_{shs} : 1738,50 gr

Área A_0 : 81,07 cm²

W_{sss} : 1428,12 gr

Vol. V_s : 943,69 cm³

γ_{ss} : 1,51 gr/cm³

| Deformación axial ΔL (0,01mm) | Deformación axial unitaria $\epsilon_v \%$ | Área corregida A_c (cm ²) | Lectura aro (div) | Carga de compresión P (kg) | Tensión de compresión σ_1 (kg/cm ²) |
|--|---|--|----------------------|---------------------------------|---|
| 0 | 0,00 | 81,07 | 0,0 | 0,00 | 0,00 |
| 10 | 0,09 | 81,14 | 0,8 | 12,58 | 0,15 |
| 20 | 0,17 | 81,21 | 1,0 | 15,72 | 0,19 |
| 30 | 0,26 | 81,28 | 1,1 | 17,29 | 0,21 |
| 40 | 0,34 | 81,35 | 1,5 | 23,58 | 0,29 |
| 50 | 0,43 | 81,42 | 1,8 | 28,30 | 0,35 |
| 60 | 0,52 | 81,49 | 2,0 | 31,44 | 0,39 |
| 70 | 0,60 | 81,56 | 2,5 | 39,30 | 0,48 |
| 80 | 0,69 | 81,63 | 3,0 | 47,16 | 0,58 |
| 90 | 0,77 | 81,70 | 3,2 | 50,30 | 0,62 |
| 100 | 0,86 | 81,78 | 3,8 | 59,74 | 0,73 |
| 110 | 0,95 | 81,85 | 4,1 | 64,45 | 0,79 |
| 120 | 1,03 | 81,92 | 4,8 | 75,46 | 0,92 |
| 130 | 1,12 | 81,99 | 5,1 | 80,17 | 0,98 |
| 140 | 1,20 | 82,06 | 6,0 | 94,32 | 1,15 |
| 150 | 1,29 | 82,13 | 6,2 | 97,46 | 1,19 |
| 160 | 1,37 | 82,20 | 7,0 | 110,04 | 1,34 |
| 170 | 1,46 | 82,27 | 7,5 | 117,90 | 1,43 |
| 180 | 1,55 | 82,35 | 8,0 | 125,76 | 1,53 |
| 190 | 1,63 | 82,42 | 8,2 | 128,90 | 1,56 |
| 200 | 1,72 | 82,49 | 8,8 | 138,34 | 1,68 |
| 210 | 1,80 | 82,56 | 9,1 | 143,05 | 1,73 |
| 220 | 1,89 | 82,64 | 9,8 | 154,06 | 1,86 |
| 230 | 1,98 | 82,71 | 10,0 | 157,20 | 1,90 |
| 240 | 2,06 | 82,78 | 10,1 | 158,77 | 1,92 |
| 250 | 2,15 | 82,85 | 10,5 | 165,06 | 1,99 |
| 260 | 2,23 | 82,93 | 10,8 | 169,78 | 2,05 |
| 270 | 2,32 | 83,00 | 11 | 172,92 | 2,08 |
| 280 | 2,41 | 83,07 | 11,1 | 174,49 | 2,10 |
| 290 | 2,49 | 83,14 | 11,5 | 180,78 | 2,17 |

Compresión Simple

Proyecto: Estabilización de Suelos con Silicatos

Fecha: 03/04/14

Ubicación: Campus UCC

Operador: Perret, Henry-Vigilante, Nicolás

Tipo de Suelo: Limo

Pozo: PCA-1

Muestra: 3

Profundidad: 1 m

Mezcla: 18:1:4

Edad: 7 días

Dimensiones de la probeta:

Diám. D_0 : 10,16 cm

Factor aro: 15,72 kg/div

Altura L_0 : 11,64 cm

W_{shs} : 1738,50 gr

Área A_0 : 81,07 cm²

W_{sss} : 1428,12 gr

Vol. V_s : 943,69 cm³

γ_{ss} : 1,51 gr/cm³

| Deformación axial ΔL (0,01mm) | Deformación axial unitaria $\epsilon_v \%$ | Área corregida A_c (cm ²) | Lectura aro (div) | Carga de compresión P (kg) | Tensión de compresión σ_1 (kg/cm ²) |
|--|---|--|----------------------|---------------------------------|---|
| 300 | 2,58 | 83,22 | 11,7 | 183,92 | 2,21 |
| 310 | 2,66 | 83,29 | 11,7 | 183,92 | 2,21 |
| 320 | 2,75 | 83,37 | 12,0 | 188,64 | 2,26 |
| 330 | 2,84 | 83,44 | 12,0 | 188,64 | 2,26 |
| 340 | 2,92 | 83,51 | 12,0 | 188,64 | 2,26 |

Contenido de humedad:

| | | |
|---------------------|-------|----|
| Pesafiltro N°: | 15 | |
| P_{fi} : | 344,5 | gr |
| $P_{fi} + W_{sh}$: | 801,0 | gr |
| $P_{fi} + W_{ss}$: | 719,5 | gr |
| W_w : | 81,5 | gr |
| W_{ss} : | 375 | gr |
| $\omega \%$: | 21,7 | % |

Compresión Simple (Hoja2)

GRÁFICO $\sigma_1 - \epsilon_v \%$

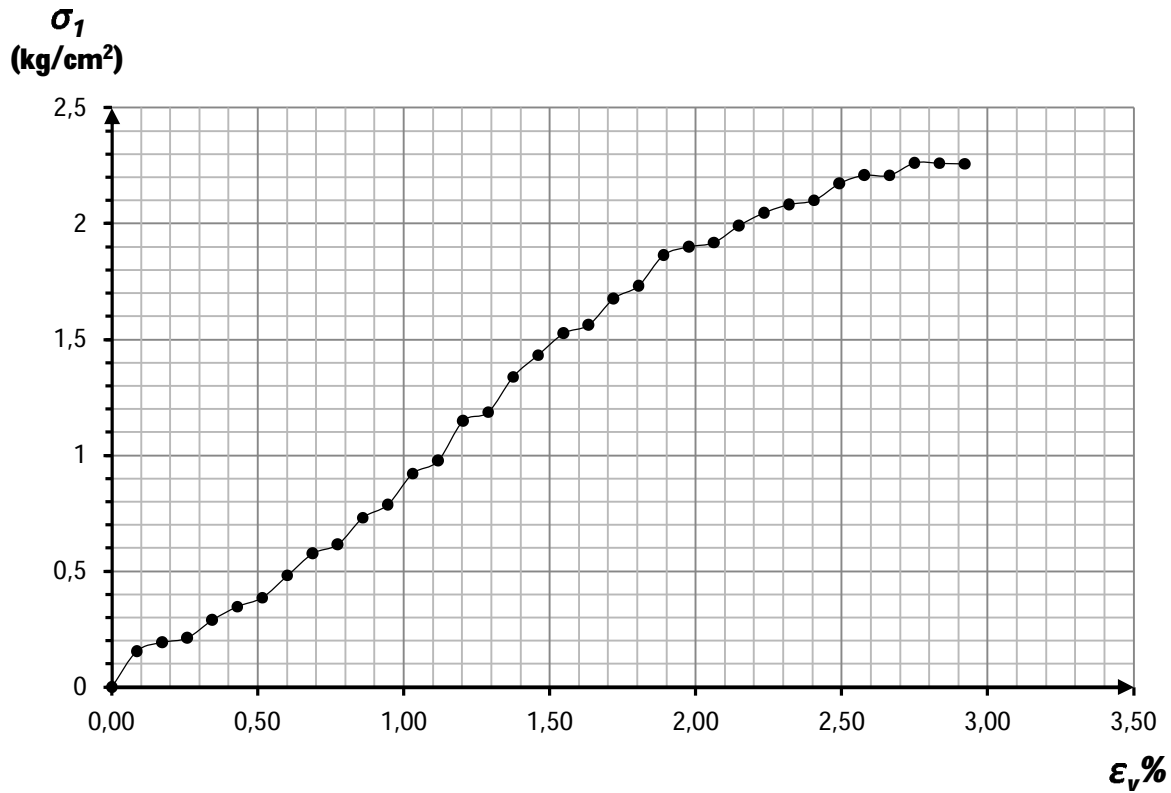
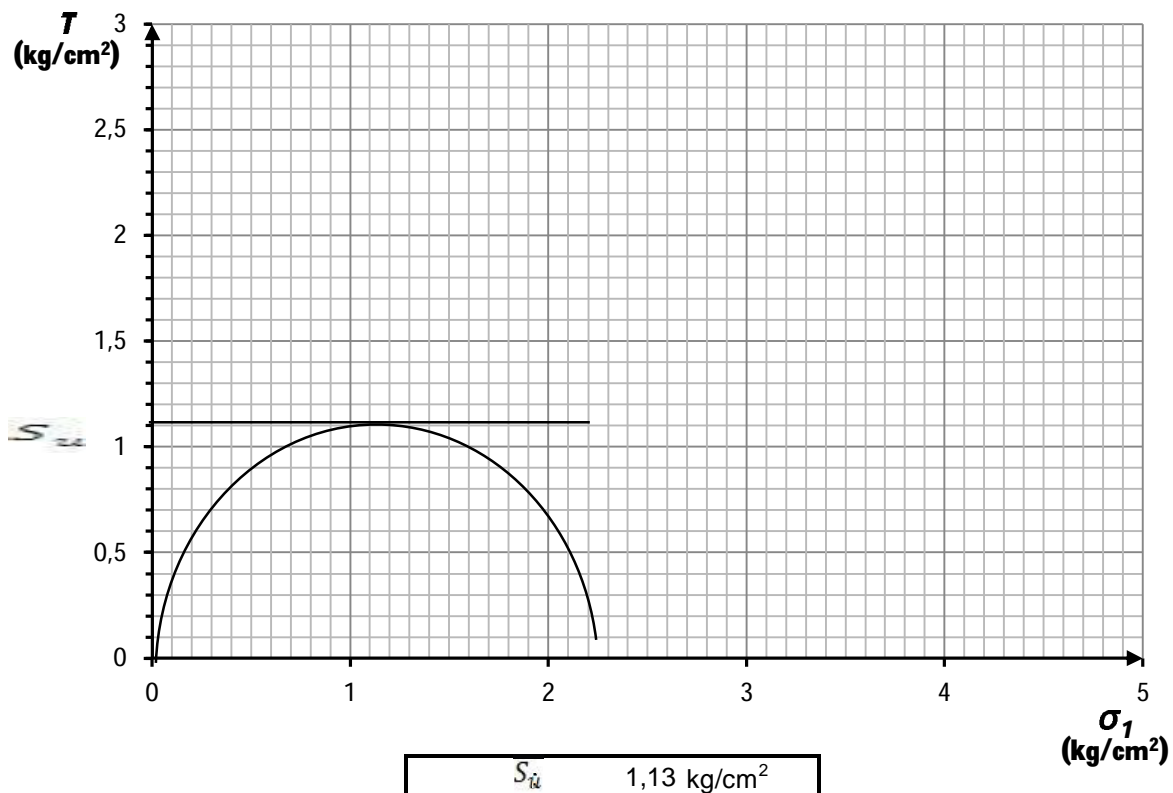


GRÁFICO $\tau - \sigma_1$



Compresión Simple

Proyecto: Estabilización de Suelos con Silicatos

Fecha: 03/04/14

Ubicación: Campus UCC

Operador: Perret, Henry-Vigilante, Nicolás

Tipo de Suelo: Limo

Pozo: PCA-1

Muestra: 3

Profundidad:

1 m

Mezcla: 18:1:4

Edad: 14 días

Dimensiones de la probeta:

Diám. D_0 : 10,16 cm

Factor aro: 15,72 kg/div

Altura L_0 : 11,64 cm

W_{shs} : 1693,00 gr

Área A_0 : **81,07 cm²**

W_{sss} : 1405,87 gr

Vol. V_s : **943,69 cm³**

Y_{ss} : 1,49 gr/cm³

| Deformación axial ΔL (0,01mm) | Deformación axial unitaria $\epsilon_v \%$ | Área corregida A_c (cm ²) | Lectura aro (div) | Carga de compresión P (kg) | Tensión de compresión σ_1 (kg/cm ²) |
|--|---|--|----------------------|---------------------------------|---|
| 0 | 0,00 | 81,07 | 0,0 | 0,00 | 0,00 |
| 10 | 0,09 | 81,14 | 0,8 | 12,58 | 0,15 |
| 20 | 0,17 | 81,21 | 1,2 | 18,86 | 0,23 |
| 30 | 0,26 | 81,28 | 1,8 | 28,30 | 0,35 |
| 40 | 0,34 | 81,35 | 2,5 | 39,30 | 0,48 |
| 50 | 0,43 | 81,42 | 3,0 | 47,16 | 0,58 |
| 60 | 0,52 | 81,49 | 3,5 | 55,02 | 0,68 |
| 70 | 0,60 | 81,56 | 4,2 | 66,02 | 0,81 |
| 80 | 0,69 | 81,63 | 5,0 | 78,60 | 0,96 |
| 90 | 0,77 | 81,70 | 5,8 | 91,18 | 1,12 |
| 100 | 0,86 | 81,78 | 6,4 | 100,61 | 1,23 |
| 110 | 0,95 | 81,85 | 7,0 | 110,04 | 1,34 |
| 120 | 1,03 | 81,92 | 8,0 | 125,76 | 1,54 |
| 130 | 1,12 | 81,99 | 9,0 | 141,48 | 1,73 |
| 140 | 1,20 | 82,06 | 9,5 | 149,34 | 1,82 |
| 150 | 1,29 | 82,13 | 10,0 | 157,20 | 1,91 |
| 160 | 1,37 | 82,20 | 10,5 | 165,06 | 2,01 |
| 170 | 1,46 | 82,27 | 11,0 | 172,92 | 2,10 |
| 180 | 1,55 | 82,35 | 11,2 | 176,06 | 2,14 |
| 190 | 1,63 | 82,42 | 11,8 | 185,50 | 2,25 |
| 200 | 1,72 | 82,49 | 11,8 | 185,50 | 2,25 |
| 210 | 1,80 | 82,56 | 12,0 | 188,64 | 2,28 |
| 220 | 1,89 | 82,64 | 12,0 | 188,64 | 2,28 |
| 230 | 1,98 | 82,71 | 12,0 | 188,64 | 2,28 |
| 240 | 2,06 | 82,78 | 12,0 | 188,64 | 2,28 |
| 250 | 2,15 | 82,85 | 12,2 | 191,78 | 2,31 |
| 260 | 2,23 | 82,93 | 12,2 | 191,78 | 2,31 |

Compresión Simple

Proyecto: Estabilización de Suelos con Silicatos

Fecha: 03/04/14

Ubicación: Campus UCC

Operador: Perret, Henry-Vigilante, Nicolás

Tipo de Suelo: Limo

Pozo: PCA-1

Muestra: 3

Profundidad: 1 m

Mezcla: 18:1:4

Edad: 14 días

Dimensiones de la probeta:

Diám. D_0 : 10,16 cm

Factor aro: 15,72 kg/div

Altura L_0 : 11,64 cm

W_{shs} : 1693,00 gr

Área A_0 : 81,07 cm²

W_{sss} : 1405,87 gr

Vol. D_0 : 943,69 cm³

γ_{ss} : 1,49 gr/cm³

| Deformación axial ΔL (0,01mm) | Deformación axial unitaria ϵ_v % | Área corregida A_c (cm ²) | Lectura aro (div) | Carga de compresión P (kg) | Tensión de compresión σ_1 (kg/cm ²) |
|--|--|--|----------------------|---------------------------------|---|
| 270 | 2,32 | 83,00 | 12,5 | 196,50 | 2,37 |

Contenido de humedad:

| | | |
|---------------------|-------|----|
| Pesafiltro N°: | 16 | |
| P_{fi} : | 331,0 | gr |
| $P_{fi} + W_{sh}$: | 729,0 | gr |
| $P_{fi} + W_{ss}$: | 661,5 | gr |
| P_{fi} : | 67,5 | gr |
| $P_{fi} + W_{ss}$: | 330,5 | gr |
| ω % : | 20,4 | % |

Compresión Simple (Hoja2)

GRÁFICO $\sigma_1 - \varepsilon_v \%$

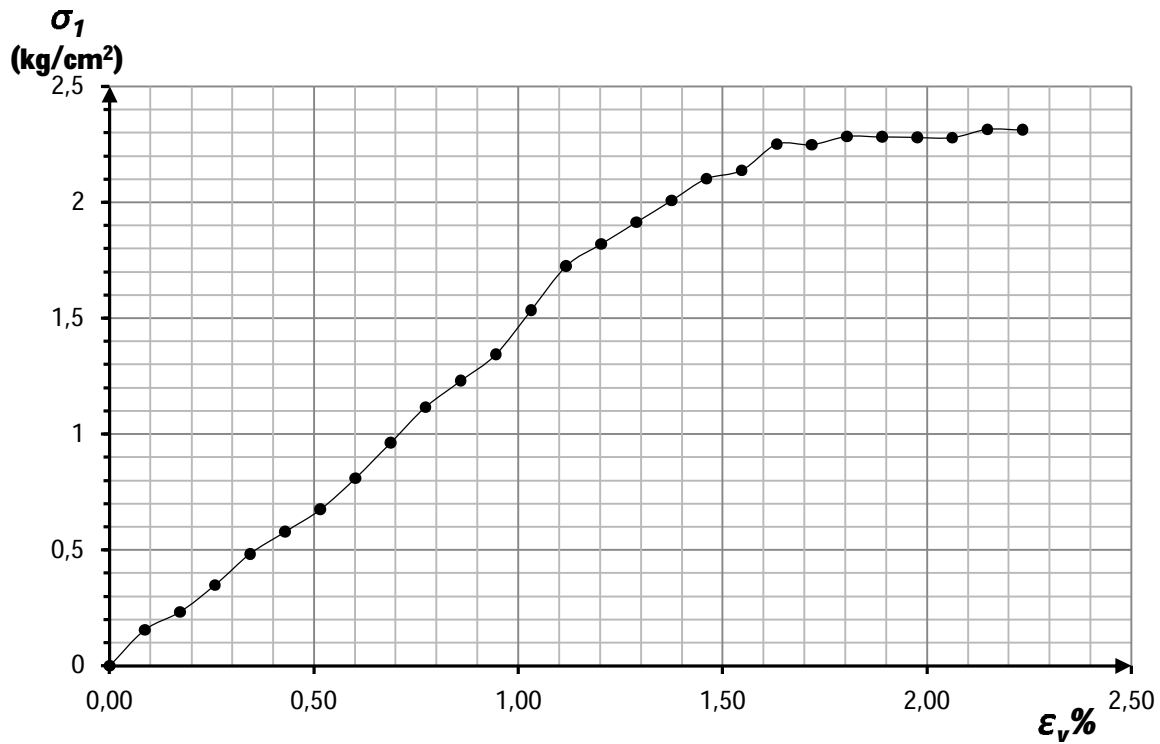
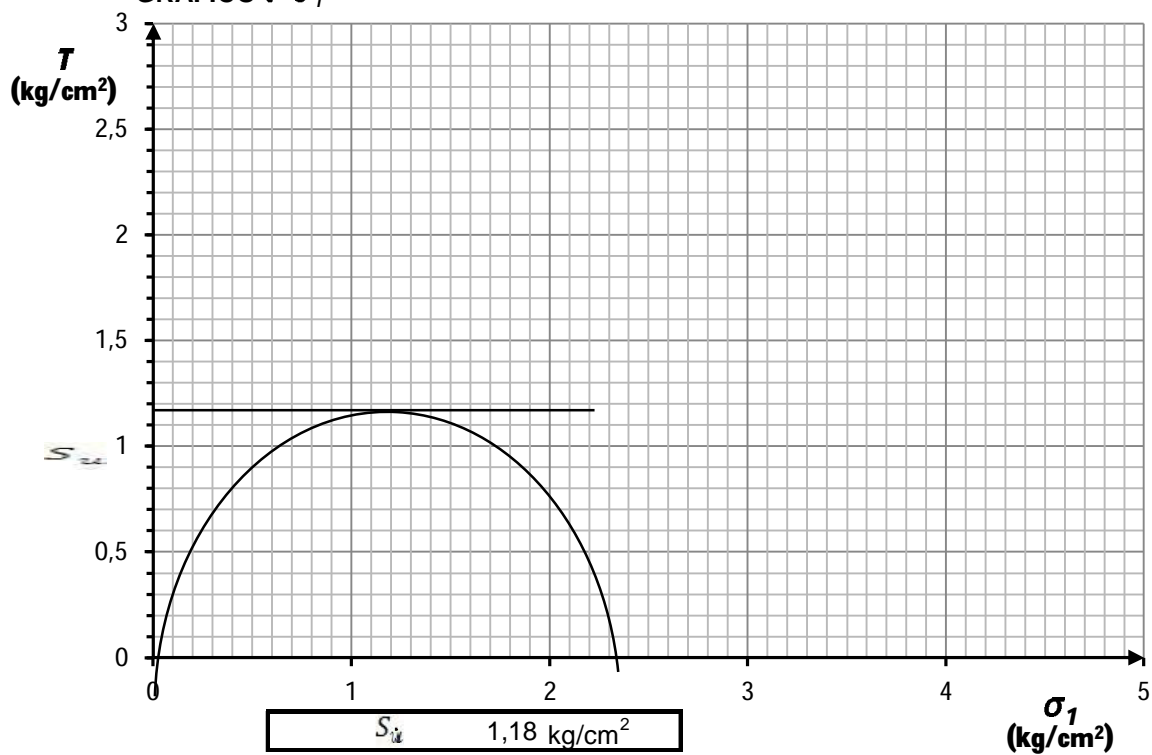


GRÁFICO $\tau - \sigma_1$



Compresión Simple

Proyecto: Estabilización de Suelos con Silicatos

Fecha: 03/04/14

Ubicación: Campus UCC

Operador: Perret, Henry-Vigilante, Nicolás

Tipo de Suelo: Limo

Pozo: PCA-1

Muestra: 3

Profundidad:

1 m

Mezcla: 18:1:4

Edad: 21 días

Dimensiones de la probeta:

Diám. D_0 : 10,16 cm

Factor aro: 15,72 kg/div

Altura L_0 : 11,64 cm

W_{shs} : 1700,00 gr

Área A_0 : **81,07 cm²**

W_{sss} : 1406,44 gr

Vol. V_s : **943,69 cm³**

Y_{ss} : 1,49 gr/cm³

| Deformación axial ΔL (0,01mm) | Deformación axial unitaria $\epsilon_v \%$ | Área corregida A_c (cm ²) | Lectura aro (div) | Carga de compresión P (kg) | Tensión de compresión σ_1 (kg/cm ²) |
|--|---|--|----------------------|---------------------------------|---|
| 0 | 0,00 | 81,07 | 0,0 | 0,00 | 0,00 |
| 10 | 0,09 | 81,14 | 0,2 | 3,14 | 0,04 |
| 20 | 0,17 | 81,21 | 0,5 | 7,86 | 0,10 |
| 30 | 0,26 | 81,28 | 1,0 | 15,72 | 0,19 |
| 40 | 0,34 | 81,35 | 1,2 | 18,86 | 0,23 |
| 50 | 0,43 | 81,42 | 1,5 | 23,58 | 0,29 |
| 60 | 0,52 | 81,49 | 2,0 | 31,44 | 0,39 |
| 70 | 0,60 | 81,56 | 2,2 | 34,58 | 0,42 |
| 80 | 0,69 | 81,63 | 3,0 | 47,16 | 0,58 |
| 90 | 0,77 | 81,70 | 3,5 | 55,02 | 0,67 |
| 100 | 0,86 | 81,78 | 4,0 | 62,88 | 0,77 |
| 110 | 0,95 | 81,85 | 5,0 | 78,60 | 0,96 |
| 120 | 1,03 | 81,92 | 5,5 | 86,46 | 1,06 |
| 130 | 1,12 | 81,99 | 6,0 | 94,32 | 1,15 |
| 140 | 1,20 | 82,06 | 7,0 | 110,04 | 1,34 |
| 150 | 1,29 | 82,13 | 8,0 | 125,76 | 1,53 |
| 160 | 1,37 | 82,20 | 8,5 | 133,62 | 1,63 |
| 170 | 1,46 | 82,27 | 9,2 | 144,62 | 1,76 |
| 180 | 1,55 | 82,35 | 10,0 | 157,20 | 1,91 |
| 190 | 1,63 | 82,42 | 10,5 | 165,06 | 2,00 |
| 200 | 1,72 | 82,49 | 10,8 | 169,78 | 2,06 |
| 210 | 1,80 | 82,56 | 11,0 | 172,92 | 2,09 |
| 220 | 1,89 | 82,64 | 11,5 | 180,78 | 2,19 |
| 230 | 1,98 | 82,71 | 12,0 | 188,64 | 2,28 |
| 240 | 2,06 | 82,78 | 12,0 | 188,64 | 2,28 |
| 250 | 2,15 | 82,85 | 12,8 | 201,22 | 2,43 |
| 260 | 2,23 | 82,93 | 13,0 | 204,36 | 2,46 |
| 270 | 2,32 | 83,00 | 13,0 | 204,36 | 2,46 |
| 280 | 2,41 | 83,07 | 13,0 | 204,36 | 2,46 |

Compresión Simple

Proyecto: Estabilización de Suelos con Silicatos

Ubicación: Campus UCC

Operador: Perret, Henry-Vigilante, Nicolás

Tipo de Suelo: Limo

Pozo: PCA-1 **Muestra:** 3

Mezcla: 18:1:4 **Edad:** 21 días

Dimensiones de la probeta:

Diám. D_0 : 10,16 cm

Altura L_0 : 11,64 cm

Área A_0 : 81,07 cm²

Vol. D_0 : 943,69 cm³

Fecha: 03/04/14

Profundidad: 1 m

Factor aro: 15,72 kg/div

W_{shs} : 1700,00 gr

W_{sss} : 1406,44 gr

γ_{ss} : 1,49 gr/cm³

Contenido de humedad:

| | | |
|---------------------|-------|----|
| Pesafiltro N°: | 9 | |
| P_{fi} : | 328,5 | gr |
| $P_{fi} + W_{sh}$: | 716,5 | gr |
| $P_{fi} + W_{ss}$: | 649,5 | gr |
| P_{fi} : | 67,0 | gr |
| $P_{fi} + W_{ss}$: | 321,0 | gr |
| $\omega\%$: | 20,9 | % |

Compresión Simple (Hoja2)

GRÁFICO $\sigma_1 - \epsilon_v \%$

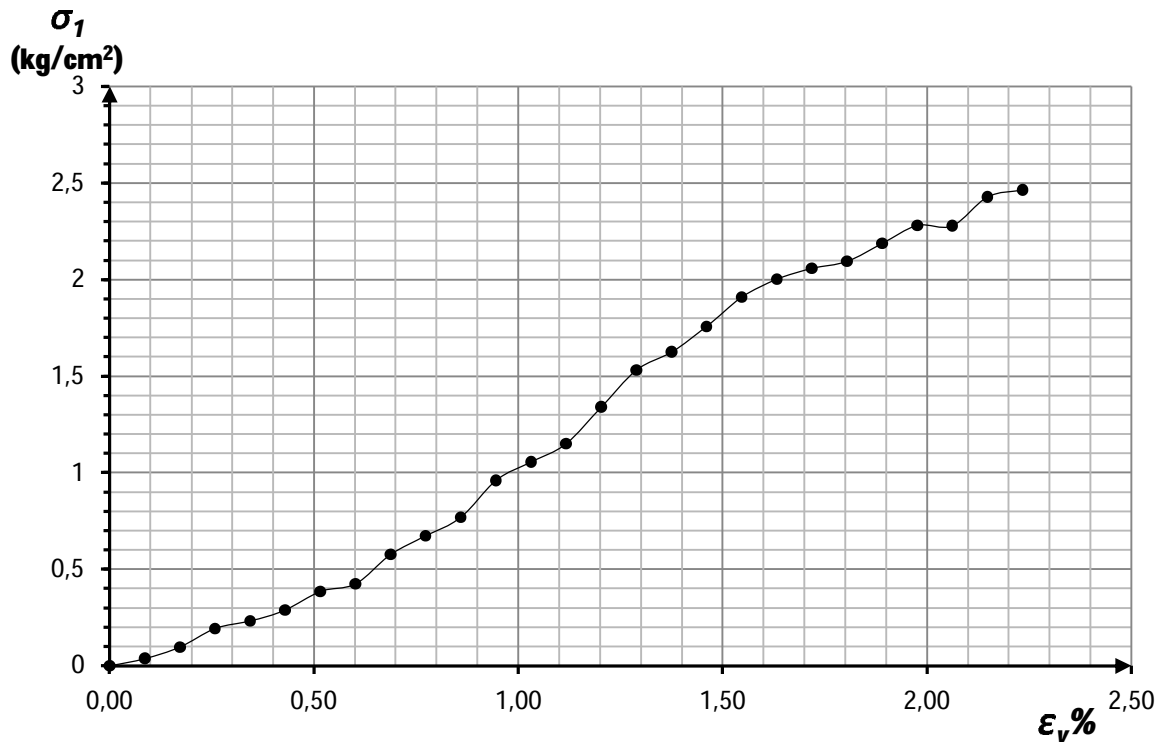
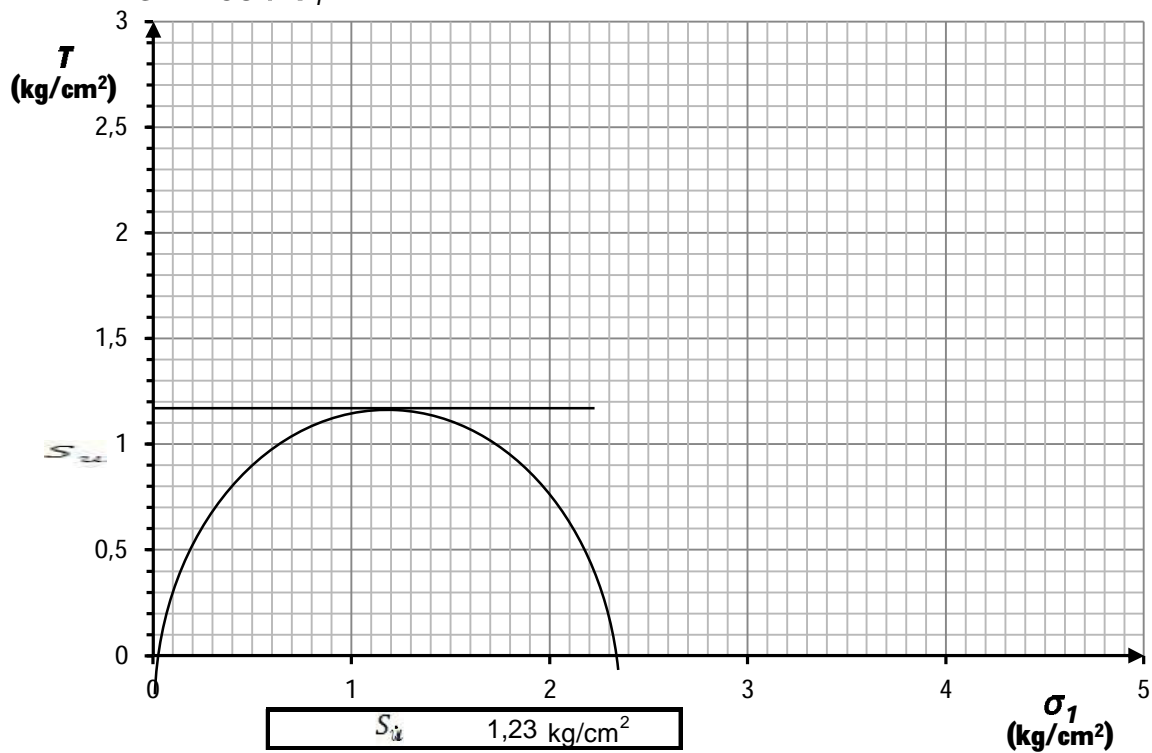


GRÁFICO $\tau - \sigma_1$



Compresión Simple

Proyecto: Estabilización de Suelos con Silicatos

Fecha: 03/04/14

Ubicación: Campus UCC

Operador: Perret, Henry-Vigilante, Nicolás

Tipo de Suelo: Limo

Pozo: PCA-1

Muestra: 3

Profundidad:

1 m

Mezcla: 22:1:5

Edad: 3 días

Dimensiones de la probeta:

Diám. D_0 : 10,16 cm

Factor aro: 15,72 kg/div

Altura L_0 : 11,64 cm

W_{shs} : 1705,00 gr

Área A_0 : 81,07 cm²

W_{sss} : 1705,00 gr

Vol. V_s : 943,69 cm³

Y_{ss} : 1,81 gr/cm³

| Deformación axial ΔL (0,01mm) | Deformación axial unitaria $\epsilon_v \%$ | Área corregida A_c (cm ²) | Lectura aro (div) | Carga de compresión P (kg) | Tensión de compresión σ_1 (kg/cm ²) |
|--|---|--|----------------------|---------------------------------|---|
| 0 | 0,00 | 81,07 | 0,0 | 0,00 | 0,00 |
| 10 | 0,09 | 81,14 | 1,0 | 15,72 | 0,19 |
| 20 | 0,17 | 81,21 | 1,5 | 23,58 | 0,29 |
| 30 | 0,26 | 81,28 | 2,0 | 31,44 | 0,39 |
| 40 | 0,34 | 81,35 | 2,5 | 39,30 | 0,48 |
| 50 | 0,43 | 81,42 | 3,0 | 47,16 | 0,58 |
| 60 | 0,52 | 81,49 | 3,3 | 51,88 | 0,64 |
| 70 | 0,60 | 81,56 | 3,8 | 59,74 | 0,73 |
| 80 | 0,69 | 81,63 | 4,1 | 64,45 | 0,79 |
| 90 | 0,77 | 81,70 | 5,0 | 78,60 | 0,96 |
| 100 | 0,86 | 81,78 | 6,0 | 94,32 | 1,15 |
| 110 | 0,95 | 81,85 | 6,5 | 102,18 | 1,25 |
| 120 | 1,03 | 81,92 | 7,0 | 110,04 | 1,34 |
| 130 | 1,12 | 81,99 | 8,0 | 125,76 | 1,53 |
| 140 | 1,20 | 82,06 | 8,5 | 133,62 | 1,63 |
| 150 | 1,29 | 82,13 | 9,0 | 141,48 | 1,72 |
| 160 | 1,37 | 82,20 | 10,0 | 157,20 | 1,91 |
| 170 | 1,46 | 82,27 | 10,3 | 161,92 | 1,97 |
| 180 | 1,55 | 82,35 | 10,8 | 169,78 | 2,06 |
| 190 | 1,63 | 82,42 | 11,0 | 172,92 | 2,10 |
| 200 | 1,72 | 82,49 | 11,3 | 177,64 | 2,15 |
| 210 | 1,80 | 82,56 | 11,8 | 185,50 | 2,25 |
| 220 | 1,89 | 82,64 | 12,0 | 188,64 | 2,28 |
| 230 | 1,98 | 82,71 | 12,5 | 196,50 | 2,38 |
| 240 | 2,06 | 82,78 | 12,8 | 201,22 | 2,43 |
| 250 | 2,15 | 82,85 | 12,8 | 201,22 | 2,43 |

Compresión Simple

Proyecto: Estabilización de Suelos con Silicatos

Ubicación: Campus UCC

Operador: Perret, Henry-Vigilante, Nicolás

Tipo de Suelo: Limo

Pozo: PCA-1 **Muestra:** 3

Mezcla: 22:1:5 **Edad:** 3 días

Dimensiones de la probeta:

Diám. D_0 : 10,16 cm

Altura L_0 : 11,64 cm

Área A_0 : 81,07 cm²

Vol. V_s : 943,69 cm³

Fecha: 03/04/14

Profundidad: 1 m

Factor aro: 15,72 kg/div

W_{shs} : 1705,00 gr

W_{sss} : 1705,00 gr

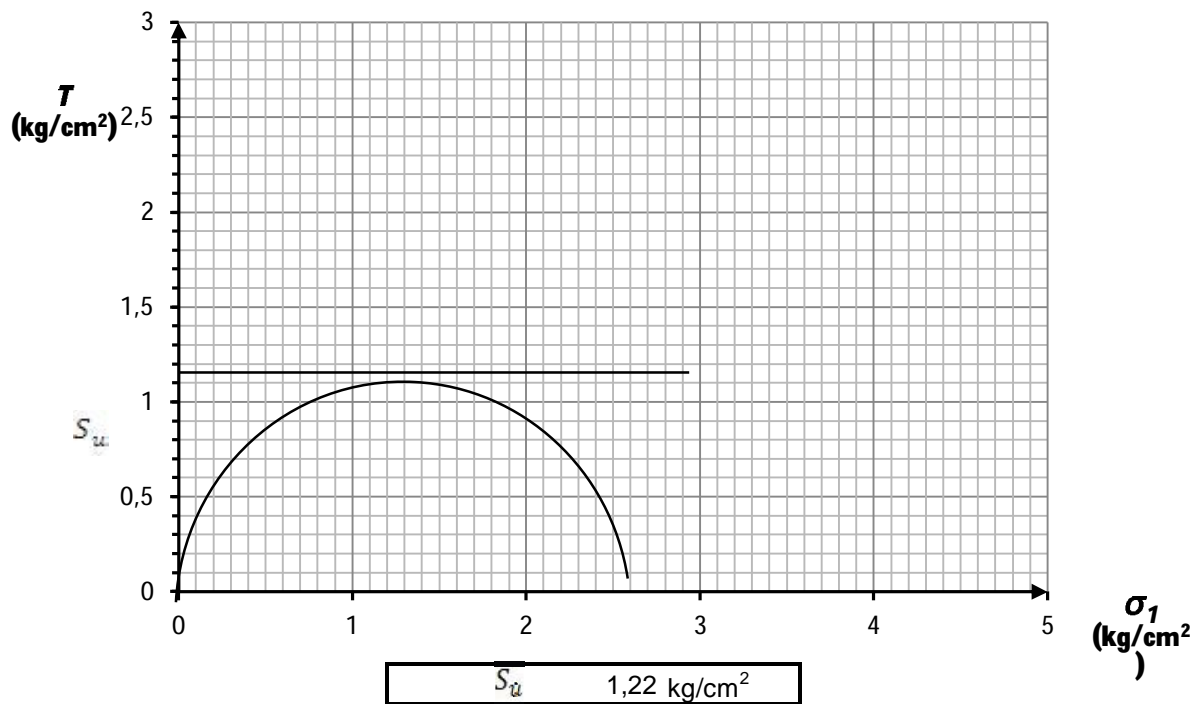
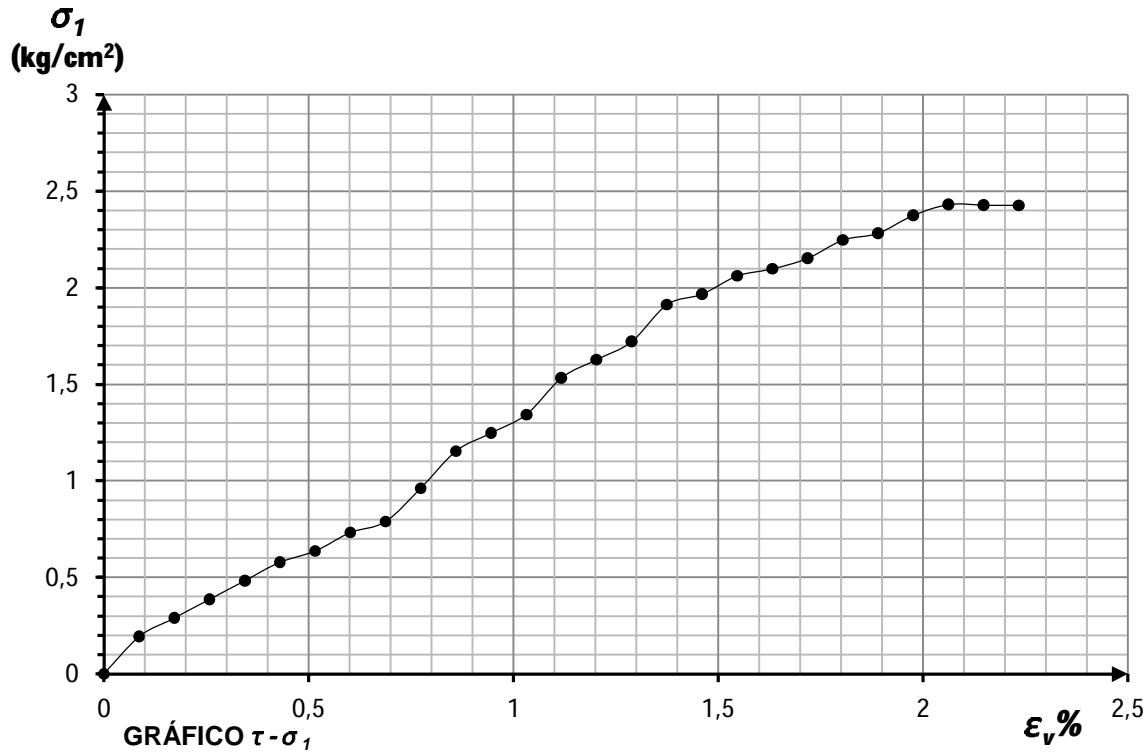
γ_{ss} : 1,81 gr/cm³

Contenido de humedad:

| | |
|---------------------|----------|
| Pesafiltro N°: | 17 |
| P_{fi} : | 353 gr |
| $P_{fi} + W_{sh}$: | 655 gr |
| $P_{fi} + W_{ss}$: | 608,0 gr |
| W_w : | 47 gr |
| W_{ss} : | 255 gr |
| $\omega\%$: | 18,4 % |

Compresión Simple (Hoja2)

GRÁFICO $\sigma_1 - \varepsilon_v \%$



Compresión Simple

Proyecto: Estabilización de Suelos con Silicatos

Fecha: 03/04/14

Ubicación: Campus UCC

Operador: Perret, Henry-Vigilante, Nicolás

Tipo de Suelo: Limo

Pozo: PCA-1

Muestra: 3

Profundidad:

1 m

Mezcla: 22:1:5

Edad: 7 días

Dimensiones de la probeta:

Diám. D_0 : 10,16 cm

Factor aro: 15,72 kg/div

Altura L_0 : 11,64 cm

W_{shs} : 1711,50 gr

Área A_0 : **81,07 cm²**

W_{sss} : 1434,23 gr

Vol. V_s : **943,69 cm³**

Y_{ss} : 1,52 gr/cm³

| Deformación axial ΔL (0,01mm) | Deformación axial unitaria $\epsilon_v \%$ | Área corregida A_c (cm ²) | Lectura aro (div) | Carga de compresión P (kg) | Tensión de compresión σ_1 (kg/cm ²) |
|--|---|--|----------------------|---------------------------------|---|
| 0 | 0,00 | 81,07 | 0,0 | 0,00 | 0,00 |
| 10 | 0,09 | 81,14 | 1,0 | 15,72 | 0,19 |
| 20 | 0,17 | 81,21 | 1,2 | 18,86 | 0,23 |
| 30 | 0,26 | 81,28 | 1,8 | 28,30 | 0,35 |
| 40 | 0,34 | 81,35 | 2,0 | 31,44 | 0,39 |
| 50 | 0,43 | 81,42 | 2,5 | 39,30 | 0,48 |
| 60 | 0,52 | 81,49 | 3,0 | 47,16 | 0,58 |
| 70 | 0,60 | 81,56 | 3,5 | 55,02 | 0,67 |
| 80 | 0,69 | 81,63 | 4,0 | 62,88 | 0,77 |
| 90 | 0,77 | 81,70 | 4,8 | 75,46 | 0,92 |
| 100 | 0,86 | 81,78 | 5,0 | 78,60 | 0,96 |
| 110 | 0,95 | 81,85 | 6,0 | 94,32 | 1,15 |
| 120 | 1,03 | 81,92 | 7,0 | 110,04 | 1,34 |
| 130 | 1,12 | 81,99 | 7,5 | 117,9 | 1,44 |
| 140 | 1,20 | 82,06 | 8,1 | 127,33 | 1,55 |
| 150 | 1,29 | 82,13 | 9,0 | 141,48 | 1,72 |
| 160 | 1,37 | 82,20 | 9,6 | 150,91 | 1,84 |
| 170 | 1,46 | 82,27 | 10,5 | 165,06 | 2,01 |
| 180 | 1,55 | 82,35 | 11,5 | 180,78 | 2,20 |
| 190 | 1,63 | 82,42 | 12,0 | 188,64 | 2,29 |
| 200 | 1,72 | 82,49 | 12,2 | 191,78 | 2,32 |
| 210 | 1,80 | 82,56 | 12,5 | 196,50 | 2,38 |
| 220 | 1,89 | 82,64 | 12,5 | 196,50 | 2,38 |
| 230 | 1,98 | 82,71 | 12,5 | 196,50 | 2,38 |
| 240 | 2,06 | 82,78 | 13,0 | 204,36 | 2,47 |
| 250 | 2,15 | 82,85 | 13,0 | 204,36 | 2,47 |
| 260 | 2,23 | 82,93 | 13,0 | 204,36 | 2,46 |

Compresión Simple

Proyecto: Estabilización de Suelos con Silicatos

Ubicación: Campus UCC

Operador: Perret, Henry-Vigilante, Nicolás

Tipo de Suelo: Limo

Pozo: PCA-1 **Muestra:** 3

Mezcla: 22:1:5 **Edad:** 7 días

Dimensiones de la probeta:

Diám. D_0 : 10,16 cm

Altura L_0 : 11,64 cm

Área A_0 : 81,07 cm²

Vol. V_s : 943,69 cm³

Fecha: 03/04/14

Profundidad: 1 m

Factor aro: 15,72 kg/div

W_{shs} : 1711,50 gr

W_{sss} : 1434,23 gr

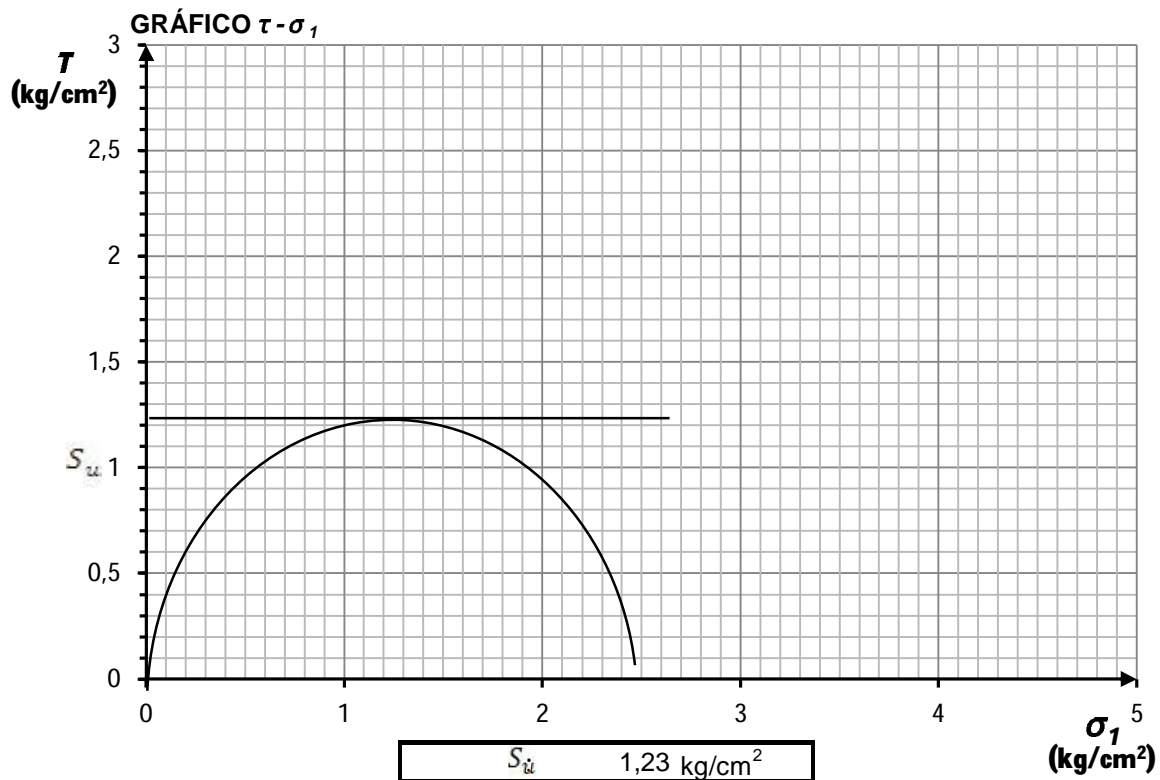
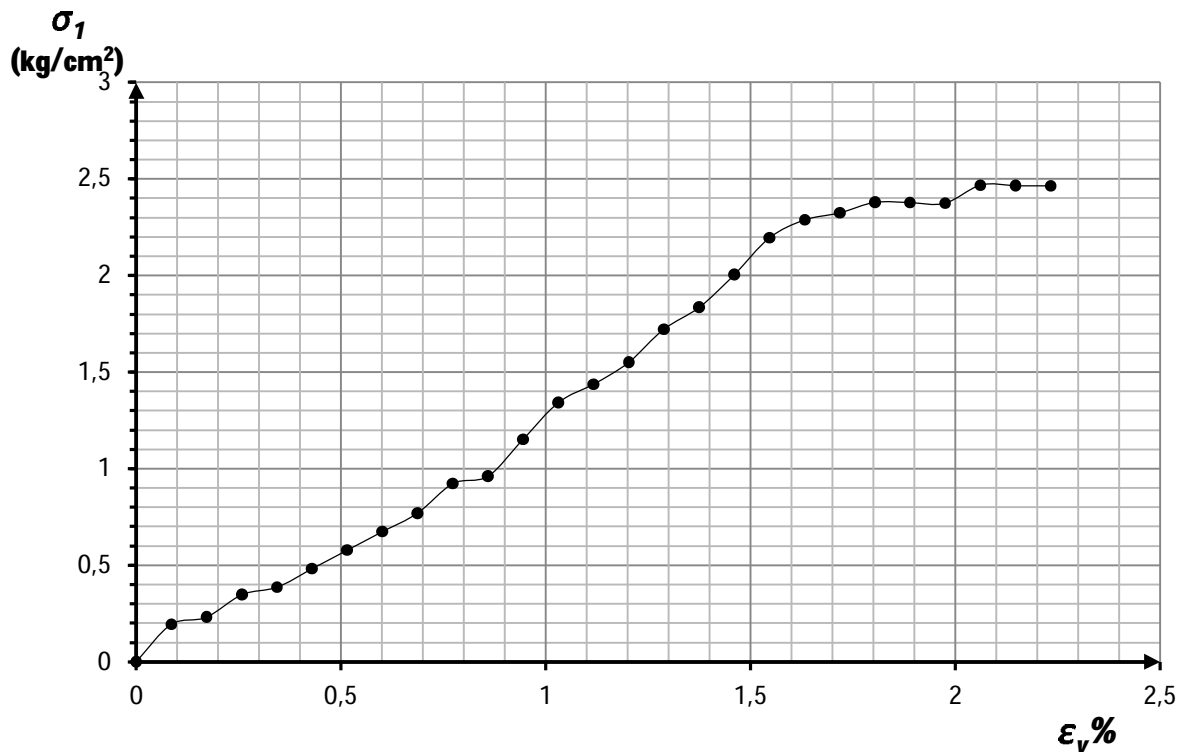
γ_{ss} : 1,52 gr/cm³

Contenido de humedad:

| | | |
|---------------------|-------|----|
| Pesafiltro N°: | 10 | |
| P_{fi} : | 349,0 | gr |
| $P_{fi} + W_{sh}$: | 778,0 | gr |
| $P_{fi} + W_{ss}$: | 708,5 | gr |
| W_w : | 69,5 | gr |
| W_{ss} : | 359,5 | gr |
| $\omega\%$: | 19,3 | % |

Compresión Simple (Hoja2)

GRÁFICO $\sigma_1 - \varepsilon_v \%$



Compresión Simple

Proyecto: Estabilización de Suelos con Silicatos

Fecha: 03/04/14

Ubicación: Campus UCC

Operador: Perret, Henry-Vigilante, Nicolás

Tipo de Suelo: Limo

Pozo: PCA-1

Muestra: 3

Profundidad:

1 m

Mezcla: 22:1:5

Edad: 14 días

Dimensiones de la probeta:

Diám. D_0 : 10,16 cm

Factor aro: 15,72 kg/div

Altura L_0 : 11,64 cm

W_{shs} : 1694,00 gr

Área A_0 : 81,07 cm²

W_{sss} : 1431,92 gr

Vol. V_s : 943,69 cm³

Y_{ss} : 1,52 gr/cm³

| Deformación axial ΔL (0,01mm) | Deformación axial unitaria $\epsilon_v \%$ | Área corregida A_c (cm ²) | Lectura aro (div) | Carga de compresión P (kg) | Tensión de compresión σ_1 (kg/cm ²) |
|--|---|--|----------------------|---------------------------------|---|
| 0 | 0,00 | 81,07 | 0,0 | 0,00 | 0,00 |
| 10 | 0,09 | 81,14 | 1,0 | 15,72 | 0,19 |
| 20 | 0,17 | 81,21 | 1,2 | 19,18 | 0,24 |
| 30 | 0,26 | 81,28 | 1,8 | 28,30 | 0,35 |
| 40 | 0,34 | 81,35 | 2,0 | 31,44 | 0,39 |
| 50 | 0,43 | 81,42 | 2,7 | 42,44 | 0,52 |
| 60 | 0,52 | 81,49 | 3,2 | 50,30 | 0,62 |
| 70 | 0,60 | 81,56 | 4,0 | 62,88 | 0,77 |
| 80 | 0,69 | 81,63 | 4,5 | 70,74 | 0,87 |
| 90 | 0,77 | 81,70 | 5,0 | 78,60 | 0,96 |
| 100 | 0,86 | 81,78 | 6,0 | 94,32 | 1,15 |
| 110 | 0,95 | 81,85 | 6,8 | 106,90 | 1,31 |
| 120 | 1,03 | 81,92 | 7,5 | 117,90 | 1,44 |
| 130 | 1,12 | 81,99 | 8,5 | 133,62 | 1,63 |
| 140 | 1,20 | 82,06 | 9,0 | 141,48 | 1,72 |
| 150 | 1,29 | 82,13 | 10,0 | 157,20 | 1,91 |
| 160 | 1,37 | 82,20 | 11,8 | 185,50 | 2,26 |
| 170 | 1,46 | 82,27 | 12,5 | 196,50 | 2,39 |
| 180 | 1,55 | 82,35 | 13,0 | 204,36 | 2,48 |
| 190 | 1,63 | 82,42 | 13,0 | 204,36 | 2,48 |
| 200 | 1,72 | 82,49 | 13,0 | 204,36 | 2,48 |

Compresión Simple

Proyecto: Estabilización de Suelos con Silicatos

Ubicación: Campus UCC

Operador: Perret, Henry-Vigilante, Nicolás

Tipo de Suelo: Limo

Pozo: PCA-1 **Muestra:** 3

Mezcla: 22:1:5 **Edad:** 14 días

Dimensiones de la probeta:

Diám. D_0 : 10,16 cm

Altura L_0 : 11,64 cm

Área A_0 : 81,07 cm²

Vol. V_s : 943,69 cm³

Fecha: 03/04/14

Profundidad: 1 m

Factor aro: 15,72 kg/div

W_{shs} : 1694,00 gr

W_{sss} : 1431,92 gr

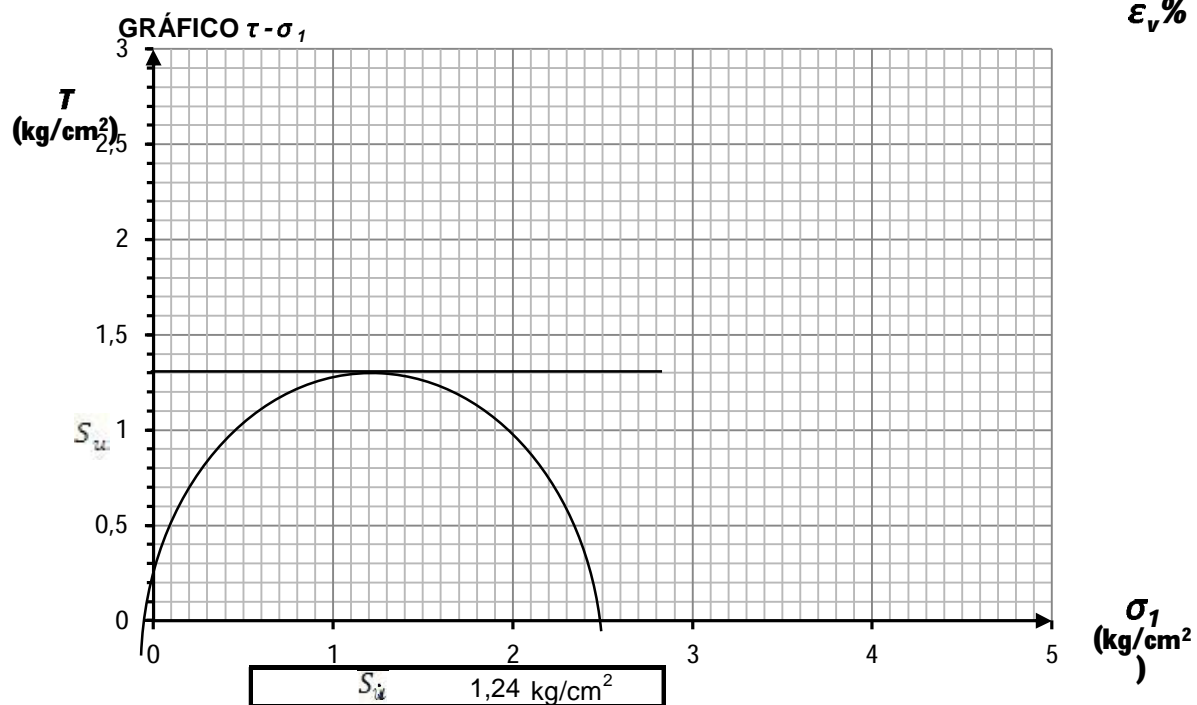
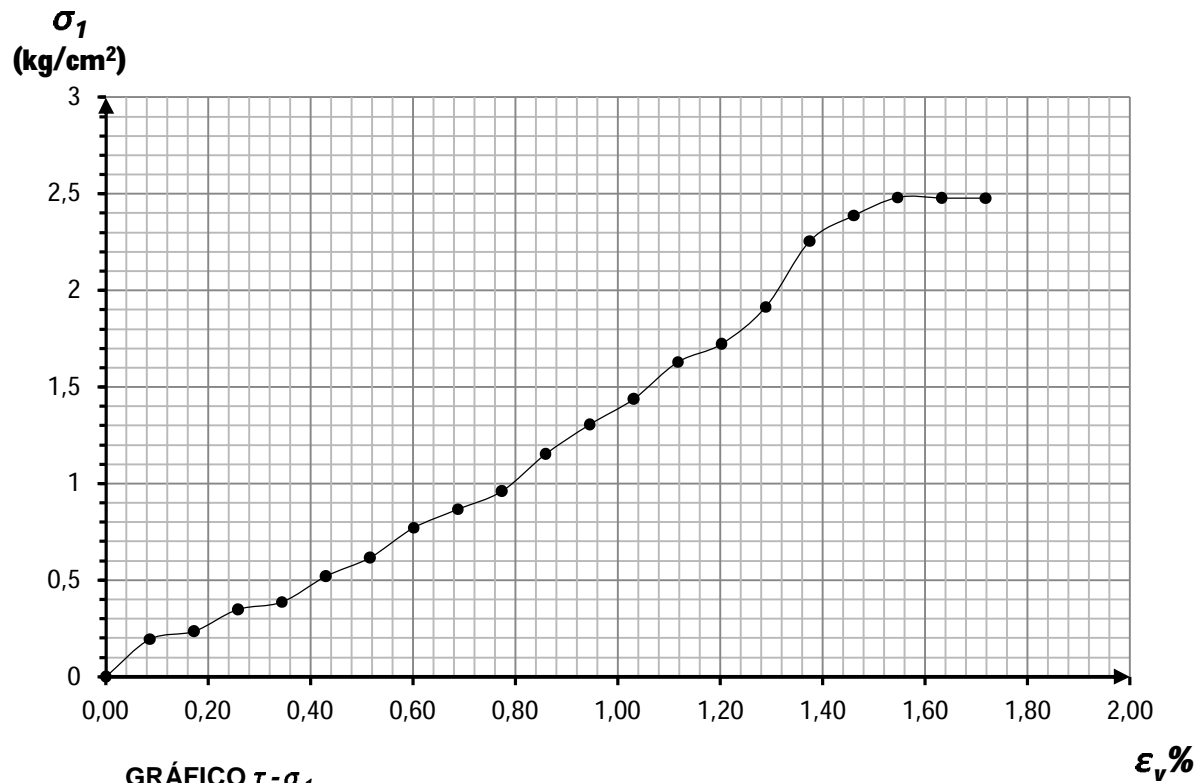
γ_{ss} : 1,52 gr/cm³

Contenido de humedad:

| | | |
|---------------------|-------|----|
| Pesafiltro N°: | 3 | |
| P_{fi} : | 328,5 | gr |
| $P_{fi} + W_{sh}$: | 816,5 | gr |
| $P_{fi} + W_{ss}$: | 741,0 | gr |
| W_w : | 75,5 | gr |
| W_{ss} : | 412,5 | gr |
| $\omega\%$: | 18,3 | % |

Compresión Simple (Hoja2)

GRÁFICO $\sigma_1 - \epsilon_v \%$



Compresión Simple

Proyecto: Estabilización de Suelos con Silicatos

Fecha: 03/04/14

Ubicación: Campus UCC

Operador: Perret, Henry-Vigilante, Nicolás

Tipo de Suelo: Limo

Pozo: PCA-1

Muestra: 3

Profundidad:

1 m

Mezcla: 22:1:5

Edad: 21 días

Dimensiones de la probeta:

Diám. D_0 : 10,16 cm

Factor aro: 15,72 kg/div

Altura L_0 : 11,64 cm

W_{shs} : 1698,50 gr

Área A_0 : **81,07 cm²**

W_{sss} : 1433,86 gr

Vol. V_s : **943,69 cm³**

Y_{ss} : 1,52 gr/cm³

| Deformación axial ΔL (0,01mm) | Deformación axial unitaria ϵ_v % | Área corregida A_c (cm ²) | Lectura aro (div) | Carga de compresión P (kg) | Tensión de compresión σ_1 (kg/cm ²) |
|--|--|--|----------------------|---------------------------------|---|
| 0 | 0,00 | 81,07 | 0,2 | 3,14 | 0,04 |
| 10 | 0,09 | 81,14 | 0,8 | 12,58 | 0,15 |
| 20 | 0,17 | 81,21 | 1,0 | 15,72 | 0,19 |
| 30 | 0,26 | 81,28 | 1,2 | 18,86 | 0,23 |
| 40 | 0,34 | 81,35 | 1,5 | 23,58 | 0,29 |
| 50 | 0,43 | 81,42 | 2,0 | 31,44 | 0,39 |
| 60 | 0,52 | 81,49 | 2,2 | 34,58 | 0,42 |
| 70 | 0,60 | 81,56 | 3,0 | 47,16 | 0,58 |
| 80 | 0,69 | 81,63 | 3,5 | 55,02 | 0,67 |
| 90 | 0,77 | 81,70 | 4,0 | 62,88 | 0,77 |
| 100 | 0,86 | 81,78 | 5,0 | 78,60 | 0,96 |
| 110 | 0,95 | 81,85 | 5,5 | 86,46 | 1,06 |
| 120 | 1,03 | 81,92 | 6,5 | 102,18 | 1,25 |
| 130 | 1,12 | 81,99 | 7,0 | 110,04 | 1,34 |
| 140 | 1,20 | 82,06 | 8,0 | 125,76 | 1,53 |
| 150 | 1,29 | 82,13 | 8,8 | 138,34 | 1,68 |
| 160 | 1,37 | 82,20 | 9,5 | 149,34 | 1,82 |
| 170 | 1,46 | 82,27 | 10,0 | 157,20 | 1,91 |
| 180 | 1,55 | 82,35 | 11,0 | 172,92 | 2,10 |
| 190 | 1,63 | 82,42 | 11,5 | 180,78 | 2,19 |
| 200 | 1,72 | 82,49 | 11,5 | 180,78 | 2,19 |
| 210 | 1,80 | 82,56 | 11,5 | 180,78 | 2,19 |

Compresión Simple

Proyecto: Estabilización de Suelos con Silicatos

Ubicación: Campus UCC

Operador: Perret, Henry-Vigilante, Nicolás

Tipo de Suelo: Limo

Pozo: PCA-1 **Muestra:** 3

Mezcla: 22:1:5 **Edad:** 21 días

Dimensiones de la probeta:

Diám. D_0 : 10,16 cm

Altura L_0 : 11,64 cm

Área A_0 : 81,07 cm²

Vol. V_s : 943,69 cm³

Fecha: 03/04/14

Profundidad: 1 m

Factor aro: 15,72 kg/div

W_{shs} : 1698,50 gr

W_{sss} : 1433,86 gr

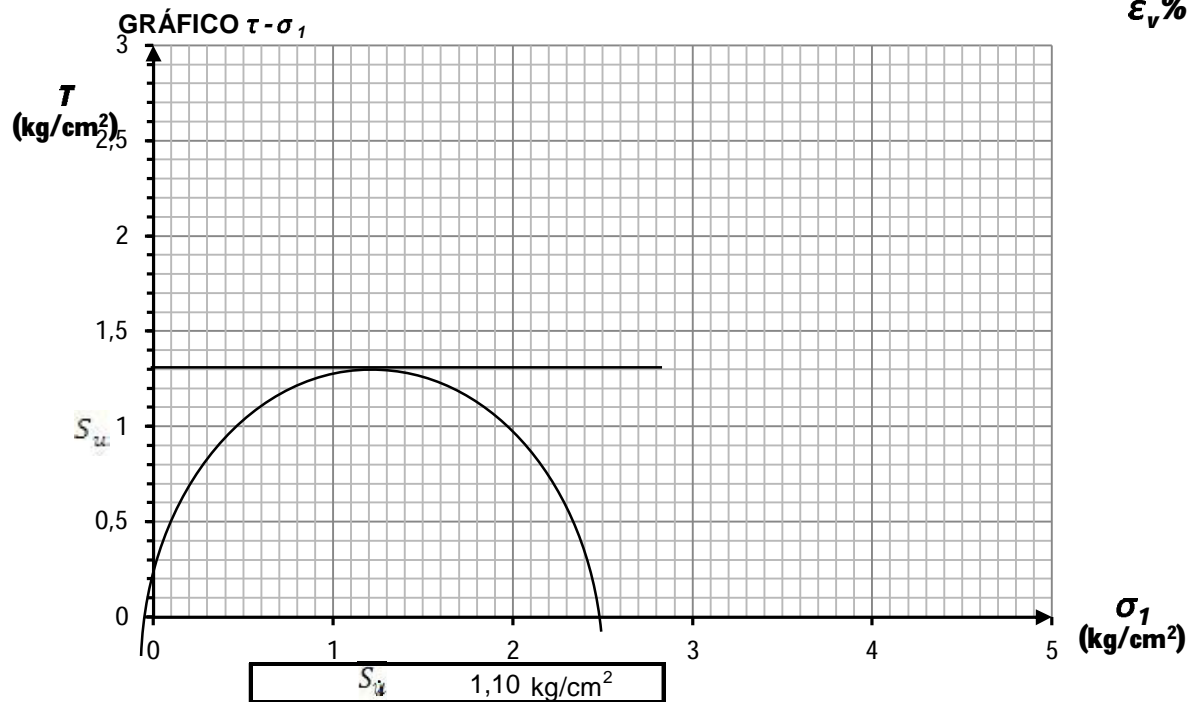
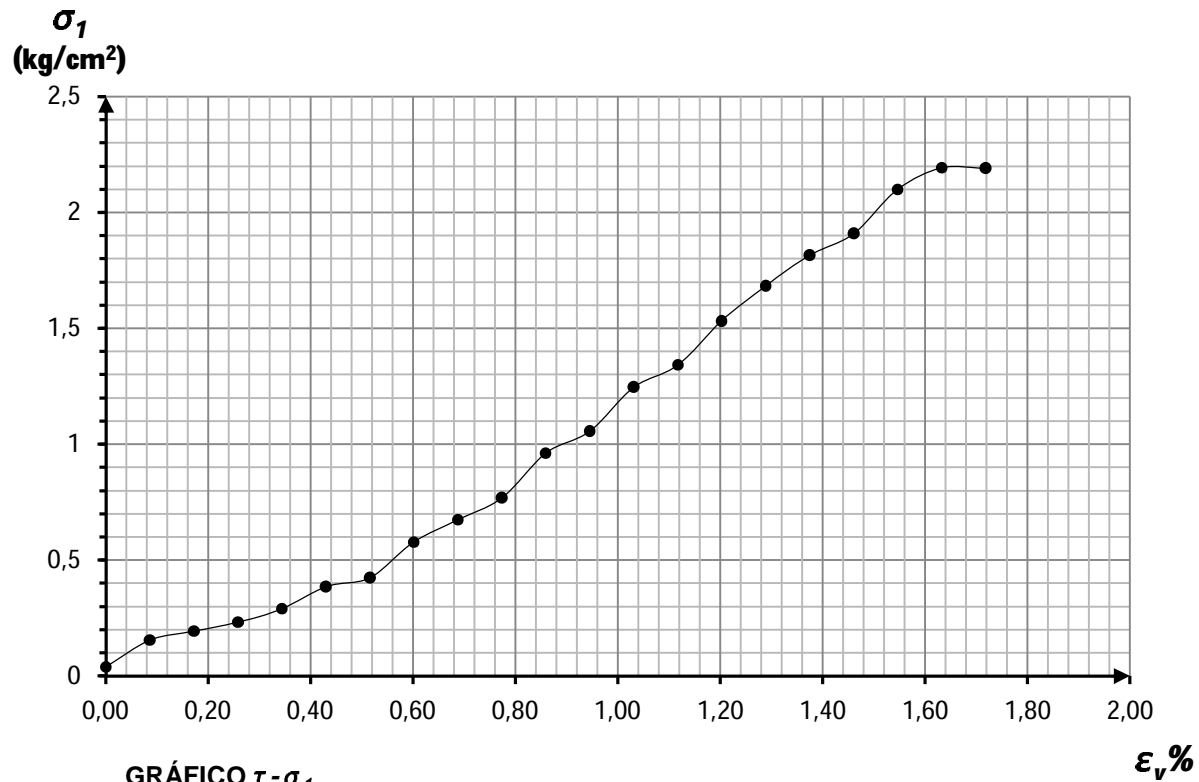
γ_{ss} : 1,52 gr/cm³

Contenido de humedad:

| | | |
|---------------------|-------|----|
| Pesafiltro N°: | 1 | |
| P_{fi} : | 343 | gr |
| $P_{fi} + W_{sh}$: | 696 | gr |
| $P_{fi} + W_{ss}$: | 641,0 | gr |
| W_w : | 55 | gr |
| W_{ss} : | 298 | gr |
| $\omega\%$: | 18,5 | % |

Compresión Simple (Hoja2)

GRÁFICO $\sigma_1 - \varepsilon_v \%$



Compresión Simple

Proyecto: Estabilización de Suelos con Silicatos

Fecha: 03/04/14

Ubicación: Campus UCC

Operador: Perret, Henry-Vigilante, Nicolás

Tipo de Suelo: Limo

Pozo: PCA-1

Muestra: 3

Profundidad:

1 m

Mezcla: 28:1:6

Edad: 3 días

Dimensiones de la probeta:

Diám. D_0 : 10,16 cm

Factor aro: 15,72 kg/div

Altura L_0 : 11,64 cm

W_{shs} : 1690,50 gr

Área A_0 : 81,07 cm²

W_{sss} : 1534,59 gr

Vol. V_s : 943,69 cm³

Y_{ss} : 1,63 gr/cm³

| Deformación axial ΔL (0,01mm) | Deformación axial unitaria ϵ_v % | Área corregida A_c (cm ²) | Lectura aro (div) | Carga de compresión P (kg) | Tensión de compresión σ_1 (kg/cm ²) |
|--|--|--|----------------------|---------------------------------|---|
| 0 | 0,00 | 81,07 | 0,0 | 0,00 | 0,00 |
| 10 | 0,09 | 81,14 | 1,0 | 15,72 | 0,19 |
| 20 | 0,17 | 81,21 | 1,5 | 23,58 | 0,29 |
| 30 | 0,26 | 81,28 | 2,4 | 37,73 | 0,46 |
| 40 | 0,34 | 81,35 | 3,0 | 47,16 | 0,58 |
| 50 | 0,43 | 81,42 | 3,8 | 59,74 | 0,73 |
| 60 | 0,52 | 81,49 | 4,3 | 67,60 | 0,83 |
| 70 | 0,60 | 81,56 | 5,5 | 86,46 | 1,06 |
| 80 | 0,69 | 81,63 | 6,0 | 94,32 | 1,16 |
| 90 | 0,77 | 81,70 | 7,0 | 110,04 | 1,35 |
| 100 | 0,86 | 81,78 | 7,7 | 121,04 | 1,48 |
| 110 | 0,95 | 81,85 | 8,5 | 133,62 | 1,63 |
| 120 | 1,03 | 81,92 | 9,1 | 143,05 | 1,75 |
| 130 | 1,12 | 81,99 | 10,0 | 157,20 | 1,92 |
| 140 | 1,20 | 82,06 | 10,5 | 165,06 | 2,01 |
| 150 | 1,29 | 82,13 | 11,0 | 172,92 | 2,11 |
| 160 | 1,37 | 82,20 | 11,2 | 176,06 | 2,14 |
| 170 | 1,46 | 82,27 | 12,0 | 188,64 | 2,29 |
| 180 | 1,55 | 82,35 | 12,0 | 188,64 | 2,29 |
| 190 | 1,63 | 82,42 | 12,5 | 196,50 | 2,38 |
| 200 | 1,72 | 82,49 | 12,5 | 196,50 | 2,38 |
| 210 | 1,80 | 82,56 | 12,5 | 196,50 | 2,38 |

Compresión Simple

Proyecto: Estabilización de Suelos con Silicatos

Ubicación: Campus UCC

Operador: Perret, Henry-Vigilante, Nicolás

Tipo de Suelo: Limo

Pozo: PCA-1 **Muestra:** 3

Mezcla: 28:1:6 **Edad:** 3 días

Dimensiones de la probeta:

Diám. D_0 : 10,16 cm

Altura L_0 : 11,64 cm

Área A_0 : 81,07 cm²

Vol. V_s : 943,69 cm³

Fecha: 03/04/14

Profundidad: 1 m

Factor aro: 15,72 kg/div

W_{shs} : 1690,50 gr

W_{sss} : 1534,59 gr

Y_{ss} : 1,63 gr/cm³

Contenido de humedad:

| | |
|---------------------|----------|
| Pesafiltro N°: | 15 |
| P_{fi} : | 339 gr |
| $P_{fi} + W_{sh}$: | 573 gr |
| $P_{fi} + W_{ss}$: | 538,5 gr |
| W_w : | 34,5 gr |
| W_{ss} : | 199,5 gr |
| $\omega\%$: | 17,3 % |

Compresión Simple (Hoja2)

GRÁFICO $\sigma_1 - \epsilon_v$ %

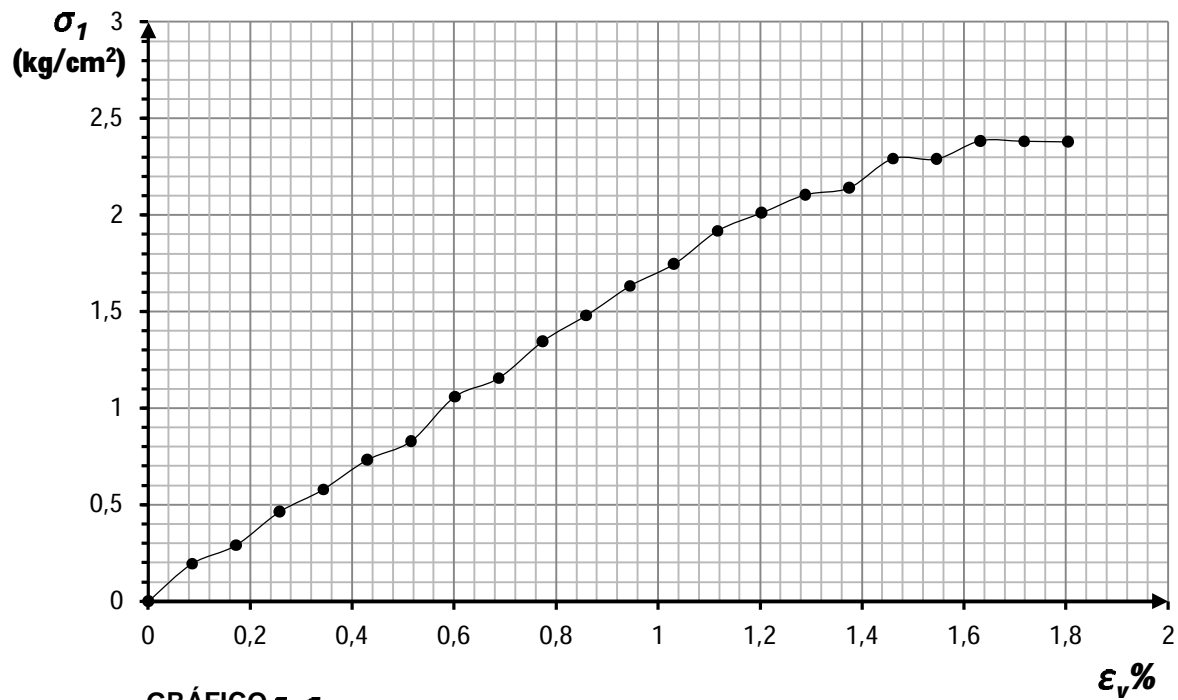
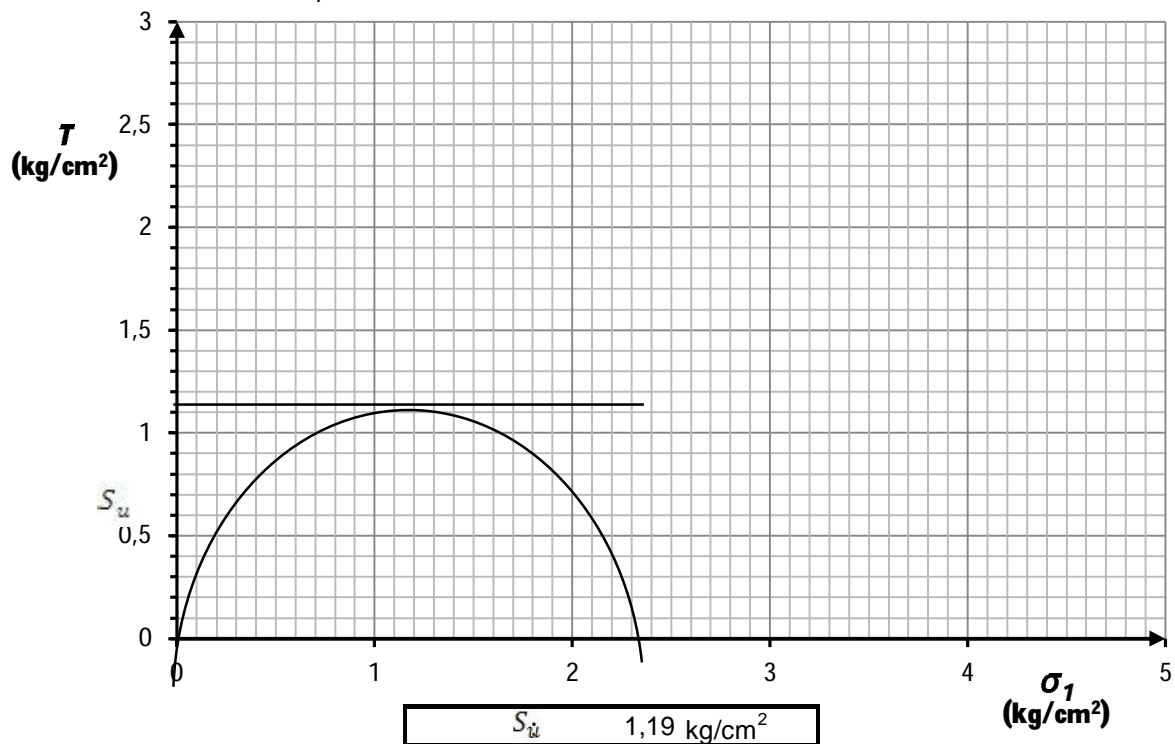


GRÁFICO $\tau - \sigma_1$



Compresión Simple

Proyecto: Estabilización de Suelos con Silicatos

Fecha: 03/04/14

Ubicación: Campus UCC

Operador: Perret, Henry-Vigilante, Nicolás

Tipo de Suelo: Limo

Pozo: PCA-1

Muestra: 3

Profundidad:

1 m

Mezcla: 28:1:6

Edad: 7 días

Dimensiones de la probeta:

Diám. D_0 : 10,16 cm

Factor aro: 15,72 kg/div

Altura L_0 : 11,64 cm

W_{shs} : 1697,50 gr

Área A_0 : **81,07 cm²**

W_{sss} : 1429,90 gr

Vol. V_s : **943,69 cm³**

Y_{ss} : 1,52 gr/cm³

| Deformación axial ΔL (0,01mm) | Deformación axial unitaria ϵ_v % | Área corregida A_c (cm ²) | Lectura aro (div) | Carga de compresión P (kg) | Tensión de compresión σ_1 (kg/cm ²) |
|--|--|--|----------------------|---------------------------------|---|
| 0 | 0,00 | 81,07 | 0,0 | 0,00 | 0,00 |
| 10 | 0,09 | 81,14 | 1,0 | 15,72 | 0,19 |
| 20 | 0,17 | 81,21 | 1,4 | 22,01 | 0,27 |
| 30 | 0,26 | 81,28 | 2,0 | 31,44 | 0,39 |
| 40 | 0,34 | 81,35 | 2,5 | 39,30 | 0,48 |
| 50 | 0,43 | 81,42 | 3,2 | 50,30 | 0,62 |
| 60 | 0,52 | 81,49 | 4,0 | 62,88 | 0,77 |
| 70 | 0,60 | 81,56 | 4,5 | 70,74 | 0,87 |
| 80 | 0,69 | 81,63 | 5,0 | 78,60 | 0,96 |
| 90 | 0,77 | 81,70 | 6,0 | 94,32 | 1,15 |
| 100 | 0,86 | 81,78 | 7,0 | 110,04 | 1,35 |
| 110 | 0,95 | 81,85 | 8,0 | 125,76 | 1,54 |
| 120 | 1,03 | 81,92 | 9,0 | 141,48 | 1,73 |
| 130 | 1,12 | 81,99 | 10,0 | 157,2 | 1,92 |
| 140 | 1,20 | 82,06 | 11,0 | 172,92 | 2,11 |
| 150 | 1,29 | 82,13 | 12,0 | 188,64 | 2,30 |
| 160 | 1,37 | 82,20 | 12,2 | 191,78 | 2,33 |
| 170 | 1,46 | 82,27 | 12,8 | 201,22 | 2,45 |
| 180 | 1,55 | 82,35 | 12,8 | 201,22 | 2,44 |
| 190 | 1,63 | 82,42 | 12,8 | 201,22 | 2,44 |

Compresión Simple

Proyecto: Estabilización de Suelos con Silicatos

Ubicación: Campus UCC

Operador: Perret, Henry-Vigilante, Nicolás

Tipo de Suelo: Limo

Pozo: PCA-1 **Muestra:** 3

Mezcla: 28:1:6 **Edad:** 7 días

Dimensiones de la probeta:

Diám. D_0 : 10,16 cm

Altura L_0 : 11,64 cm

Área A_0 : 81,07 cm²

Vol. V_s : 943,69 cm³

Fecha: 03/04/14

Profundidad: 1 m

Factor aro: 15,72 kg/div

W_{shs} : 1697,50 gr

W_{sss} : 1429,90 gr

γ_{ss} : 1,52 gr/cm³

Contenido de humedad:

| | | |
|---------------------|-------|----|
| Pesafiltro N°: | 5 | |
| P_{fi} : | 348 | gr |
| $P_{fi} + W_{sh}$: | 763,5 | gr |
| $P_{fi} + W_{ss}$: | 698,0 | gr |
| W_w : | 65,5 | gr |
| W_{ss} : | 350 | gr |
| $\omega\%$: | 18,7 | % |

Compresión Simple (Hoja2)

GRÁFICO $\sigma_1 - \epsilon_v \%$

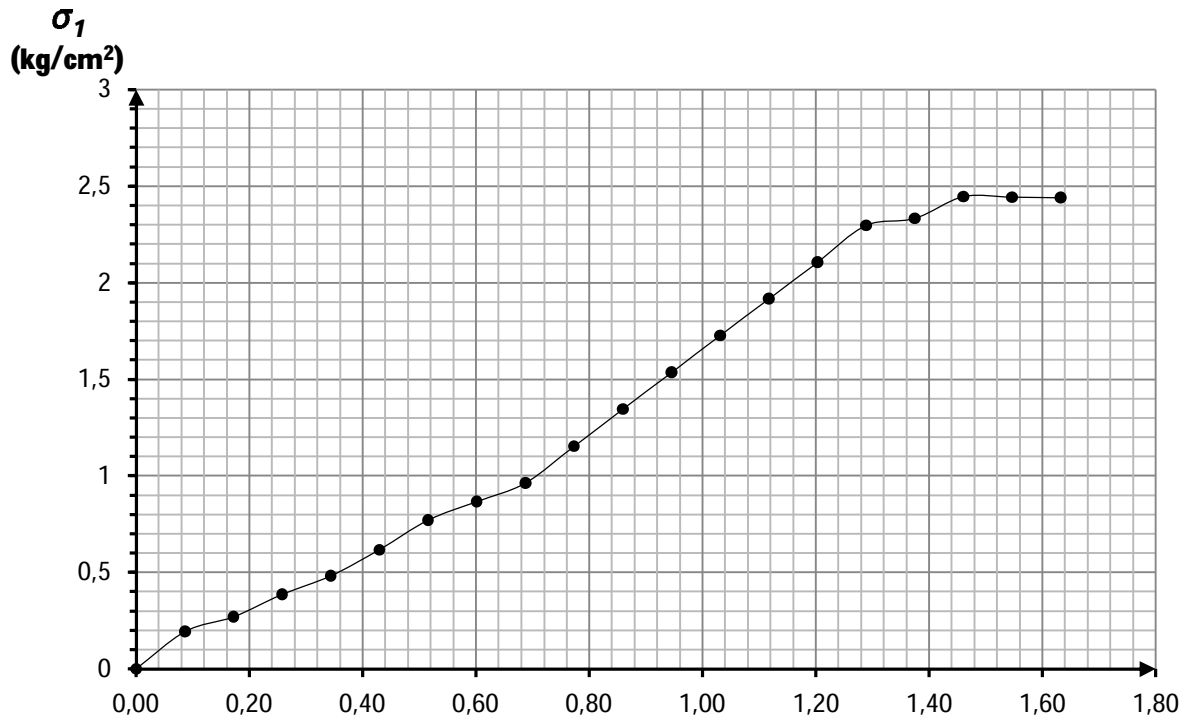
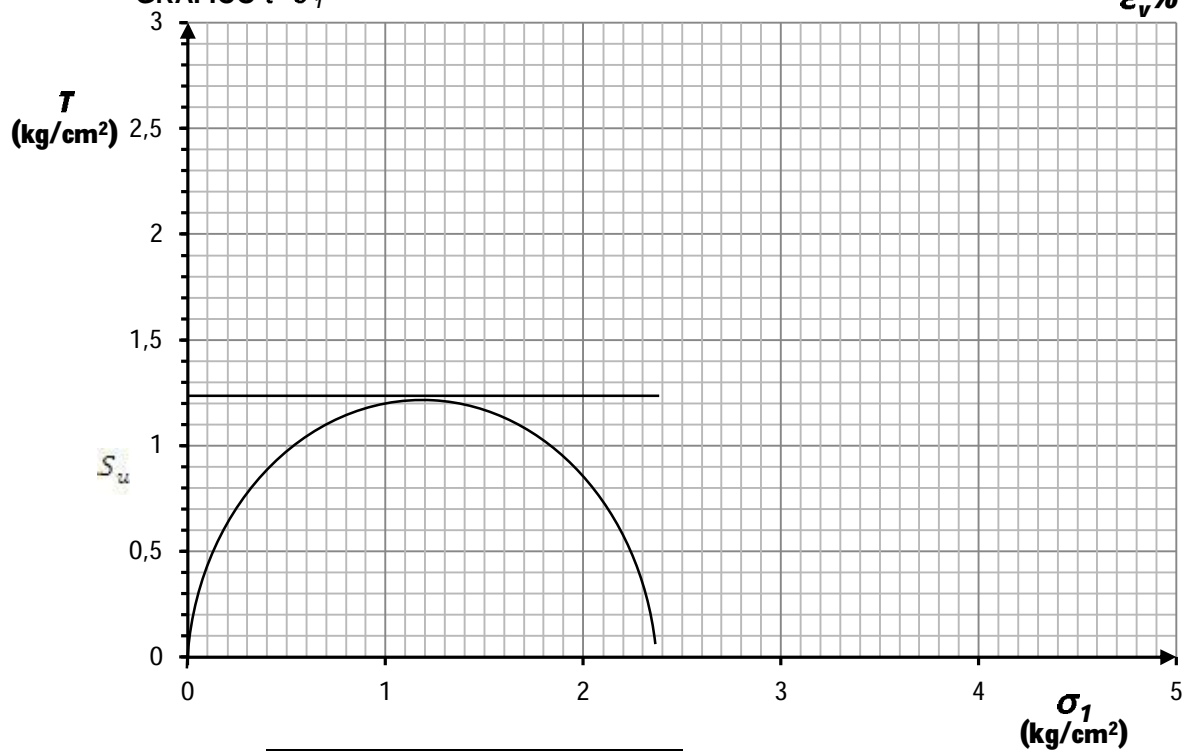


GRÁFICO $\tau - \sigma_1$

$\epsilon_v \%$



S_u 1,22 kg/cm^2

Compresión Simple

Proyecto: Estabilizacion de Suelos con Silicatos

Fecha: 03/04/14

Ubicación: Campus UCC

Operador: Perret, Henry-Vigilante, Nicolás

Tipo de Suelo: Limo

Pozo: PCA-1

Muestra: 3

Profundidad:

1 m

Mezcla: 28:1:6

Edad: 14 días

Dimensiones de la probeta:

Diám. D_0 : 10,16 cm

Factor aro: 15,72 kg/div

Altura L_0 : 11,64 cm

W_{shs} : 1681,50 gr

Área A_0 : **81,07 cm²**

W_{sss} : 1440,54 gr

Vol. V_s : **943,69 cm³**

Y_{ss} : 1,53 gr/cm³

| Deformación axial ΔL (0,01mm) | Deformación axial unitaria ϵ_v % | Área corregida A_c (cm ²) | Lectura aro (div) | Carga de compresión P (kg) | Tensión de compresión σ_1 (kg/cm ²) |
|--|--|--|----------------------|---------------------------------|---|
| 0 | 0,00 | 81,07 | 0,0 | 0,00 | 0,00 |
| 10 | 0,09 | 81,14 | 0,7 | 11,00 | 0,14 |
| 20 | 0,17 | 81,21 | 1,0 | 15,72 | 0,19 |
| 30 | 0,26 | 81,28 | 1,2 | 18,86 | 0,23 |
| 40 | 0,34 | 81,35 | 1,5 | 23,58 | 0,29 |
| 50 | 0,43 | 81,42 | 1,8 | 28,30 | 0,35 |
| 60 | 0,52 | 81,49 | 2,0 | 31,44 | 0,39 |
| 70 | 0,60 | 81,56 | 2,2 | 34,58 | 0,42 |
| 80 | 0,69 | 81,63 | 3,0 | 47,16 | 0,58 |
| 90 | 0,77 | 81,70 | 3,5 | 55,02 | 0,67 |
| 100 | 0,86 | 81,78 | 4,0 | 62,88 | 0,77 |
| 110 | 0,95 | 81,85 | 5,0 | 78,60 | 0,96 |
| 120 | 1,03 | 81,92 | 6,0 | 94,32 | 1,15 |
| 130 | 1,12 | 81,99 | 7,0 | 110,04 | 1,34 |
| 140 | 1,20 | 82,06 | 8,0 | 125,76 | 1,53 |
| 150 | 1,29 | 82,13 | 9,0 | 141,48 | 1,72 |
| 160 | 1,37 | 82,20 | 10,0 | 157,20 | 1,91 |
| 170 | 1,46 | 82,27 | 11,0 | 172,92 | 2,10 |
| 180 | 1,55 | 82,35 | 11,5 | 180,78 | 2,20 |
| 190 | 1,63 | 82,42 | 12,5 | 196,50 | 2,38 |
| 200 | 1,72 | 82,49 | 13,0 | 204,36 | 2,48 |
| 210 | 1,80 | 82,56 | 13,0 | 204,36 | 2,48 |
| 220 | 1,89 | 82,64 | 13,0 | 204,36 | 2,47 |

Compresión Simple

Proyecto: Estabilización de Suelos con Silicatos

Ubicación: Campus UCC

Operador: Perret, Henry-Vigilante, Nicolás

Tipo de Suelo: Limo

Pozo: PCA-1 **Muestra:** 3

Mezcla: 28:1:6 **Edad:** 14 días

Dimensiones de la probeta:

Diám. D_0 : 10,16 cm

Altura L_0 : 11,64 cm

Área A_0 : 81,07 cm²

Vol. V_s : 943,69 cm³

Fecha: 03/04/14

Profundidad: 1 m

Factor aro: 15,72 kg/div

W_{shs} : 1681,50 gr

W_{sss} : 1440,54 gr

γ_{ss} : 1,53 gr/cm³

Contenido de humedad:

| | | |
|---------------------|-------|----|
| Pesafiltro N°: | 14 | |
| P_{fi} : | 343 | gr |
| $P_{fi} + W_{sh}$: | 824,5 | gr |
| $P_{fi} + W_{ss}$: | 755,5 | gr |
| W_w : | 69 | gr |
| W_{ss} : | 412,5 | gr |
| $\omega\%$: | 16,7 | % |

Compresión Simple (Hoja2)

GRÁFICO $\sigma_1 - \varepsilon_v \%$

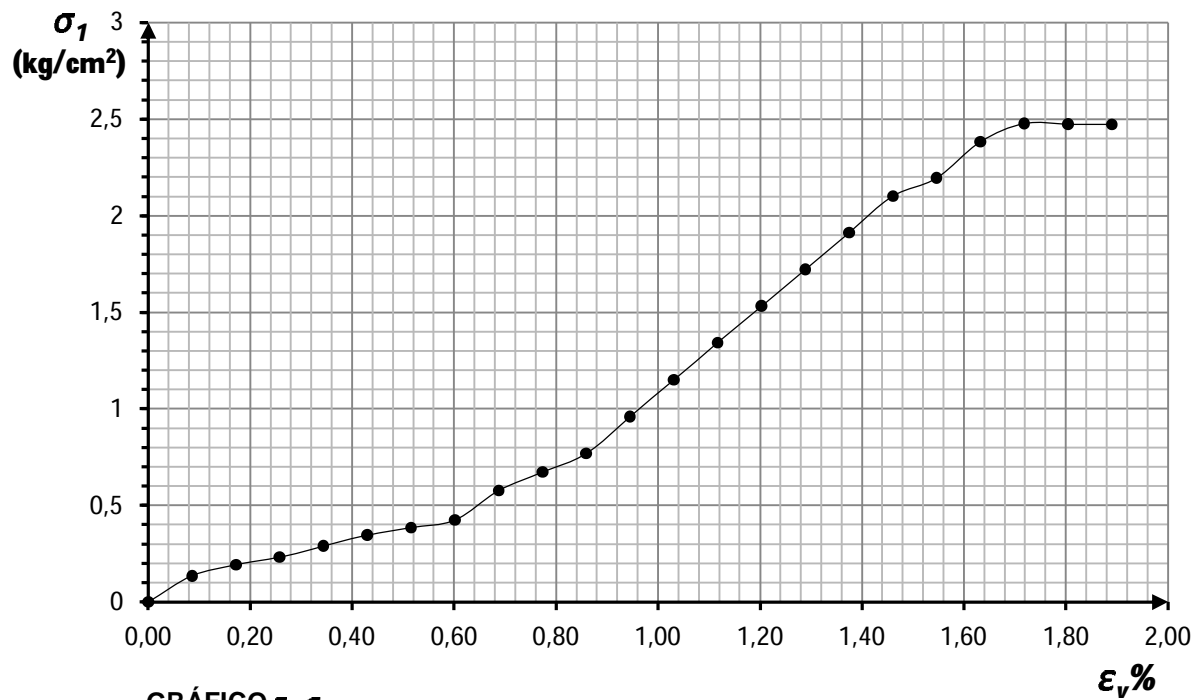
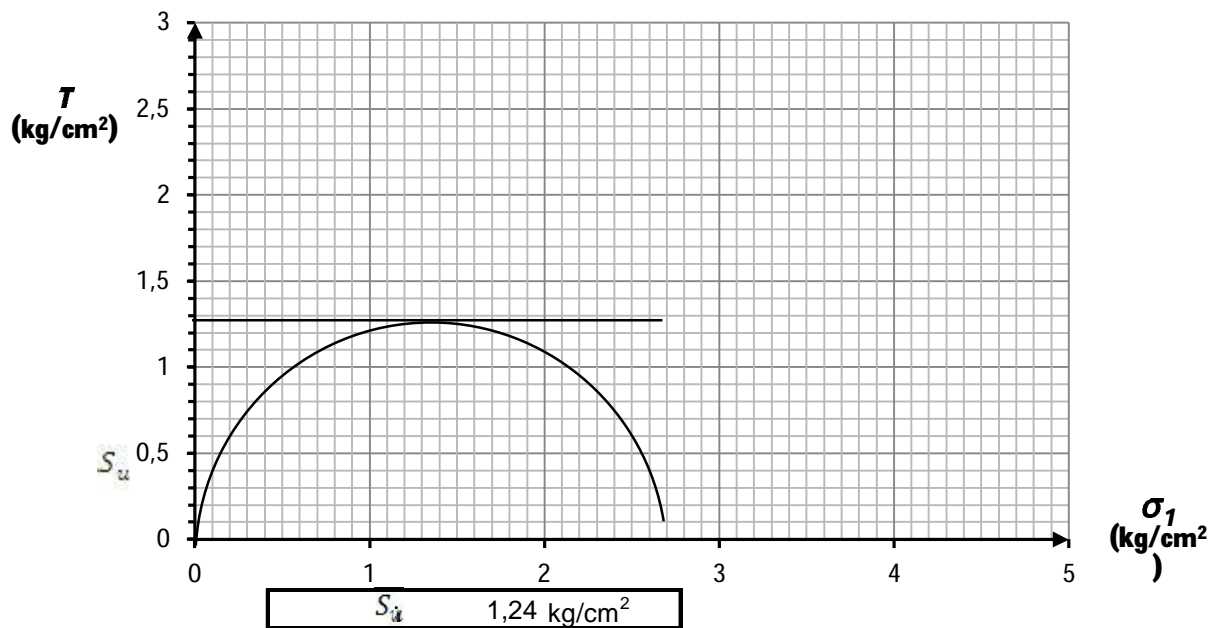


GRÁFICO $\tau - \sigma_1$



Compresión Simple

Proyecto: Estabilización de Suelos con Silicatos

Fecha: 03/04/14

Ubicación: Campus UCC

Operador: Perret, Henry-Vigilante, Nicolás

Tipo de Suelo: Limo

Pozo: PCA-1

Muestra: 3

Profundidad:

1 m

Mezcla: 28:1:6

Edad: 21 días

Dimensiones de la probeta:

Diám. D_0 : 10,16 cm

Factor aro: 15,72 kg/div

Altura L_0 : 11,64 cm

W_{shs} : 1695,00 gr

Área A_0 : **81,07 cm²**

W_{sss} : 1433,73 gr

Vol. V_s : **943,69 cm³**

Y_{ss} : 1,52 gr/cm³

| Deformación axial ΔL (0,01mm) | Deformación axial unitaria $\epsilon_v \%$ | Área corregida A_c (cm ²) | Lectura aro (div) | Carga de compresión P (kg) | Tensión de compresión σ_1 (kg/cm ²) |
|--|---|--|----------------------|---------------------------------|---|
| 0 | 0,00 | 81,07 | 0,0 | 0,00 | 0,00 |
| 10 | 0,09 | 81,14 | 0,5 | 7,86 | 0,10 |
| 20 | 0,17 | 81,21 | 1,0 | 15,72 | 0,19 |
| 30 | 0,26 | 81,28 | 1,2 | 18,86 | 0,23 |
| 40 | 0,34 | 81,35 | 1,5 | 23,58 | 0,29 |
| 50 | 0,43 | 81,42 | 1,8 | 28,30 | 0,35 |
| 60 | 0,52 | 81,49 | 2,0 | 31,44 | 0,39 |
| 70 | 0,60 | 81,56 | 2,4 | 37,73 | 0,46 |
| 80 | 0,69 | 81,63 | 2,8 | 44,02 | 0,54 |
| 90 | 0,77 | 81,70 | 3,0 | 47,16 | 0,58 |
| 100 | 0,86 | 81,78 | 3,2 | 50,30 | 0,62 |
| 110 | 0,95 | 81,85 | 3,8 | 59,74 | 0,73 |
| 120 | 1,03 | 81,92 | 4,0 | 62,88 | 0,77 |
| 130 | 1,12 | 81,99 | 5,0 | 78,6 | 0,96 |
| 140 | 1,20 | 82,06 | 5,5 | 86,46 | 1,05 |
| 150 | 1,29 | 82,13 | 6,0 | 94,32 | 1,15 |
| 160 | 1,37 | 82,20 | 7,0 | 110,04 | 1,34 |
| 170 | 1,46 | 82,27 | 7,5 | 117,90 | 1,43 |
| 180 | 1,55 | 82,35 | 8,0 | 125,76 | 1,53 |
| 190 | 1,63 | 82,42 | 8,5 | 133,62 | 1,62 |
| 200 | 1,72 | 82,49 | 9,2 | 144,62 | 1,75 |
| 210 | 1,80 | 82,56 | 10,0 | 157,20 | 1,90 |
| 220 | 1,89 | 82,64 | 10,2 | 160,34 | 1,94 |
| 230 | 1,98 | 82,71 | 10,8 | 169,78 | 2,05 |
| 240 | 2,06 | 82,78 | 11,0 | 172,92 | 2,09 |
| 250 | 2,15 | 82,85 | 11,5 | 180,78 | 2,18 |
| 260 | 2,23 | 82,93 | 12 | 188,64 | 2,27 |
| 270 | 2,32 | 83,00 | 12,5 | 196,50 | 2,37 |
| 280 | 2,41 | 83,07 | 13,00 | 204,36 | 2,46 |

Compresión Simple

Proyecto: Estabilización de Suelos con Silicatos

Ubicación: Campus UCC

Operador: Perret, Henry-Vigilante, Nicolás

Tipo de Suelo: Limo

Pozo: PCA-1 **Muestra:** 3

Mezcla: 28:1:6 **Edad:** 21 días

Dimensiones de la probeta:

Diám. D_0 : 10,16 cm

Altura L_0 : 11,64 cm

Área A_0 : 81,07 cm²

Vol. V_s : 943,69 cm³

Fecha: 03/04/14

Profundidad: 1 m

Factor aro: 15,72 kg/div

W_{shs} : 1695,00 gr

W_{sss} : 1433,73 gr

γ_{ss} : 1,52 gr/cm³

Contenido de humedad:

| | | |
|---------------------|-------|----|
| Pesafiltro N°: | 15 | |
| P_{fi} : | 339 | gr |
| $P_{fi} + W_{sh}$: | 731,5 | gr |
| $P_{fi} + W_{ss}$: | 671,0 | gr |
| W_w : | 60,5 | gr |
| W_{ss} : | 332 | gr |
| $\omega\%$: | 18,2 | % |

Compresión Simple (Hoja2)

GRÁFICO $\sigma_1 - \varepsilon_v \%$

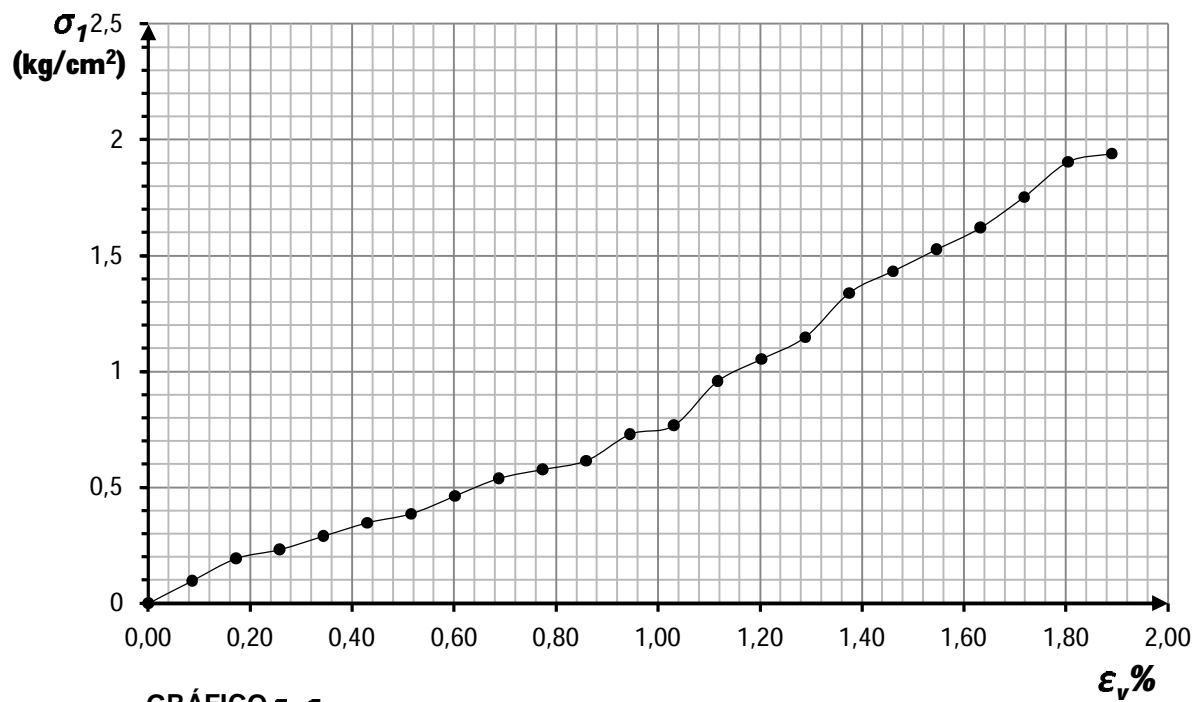
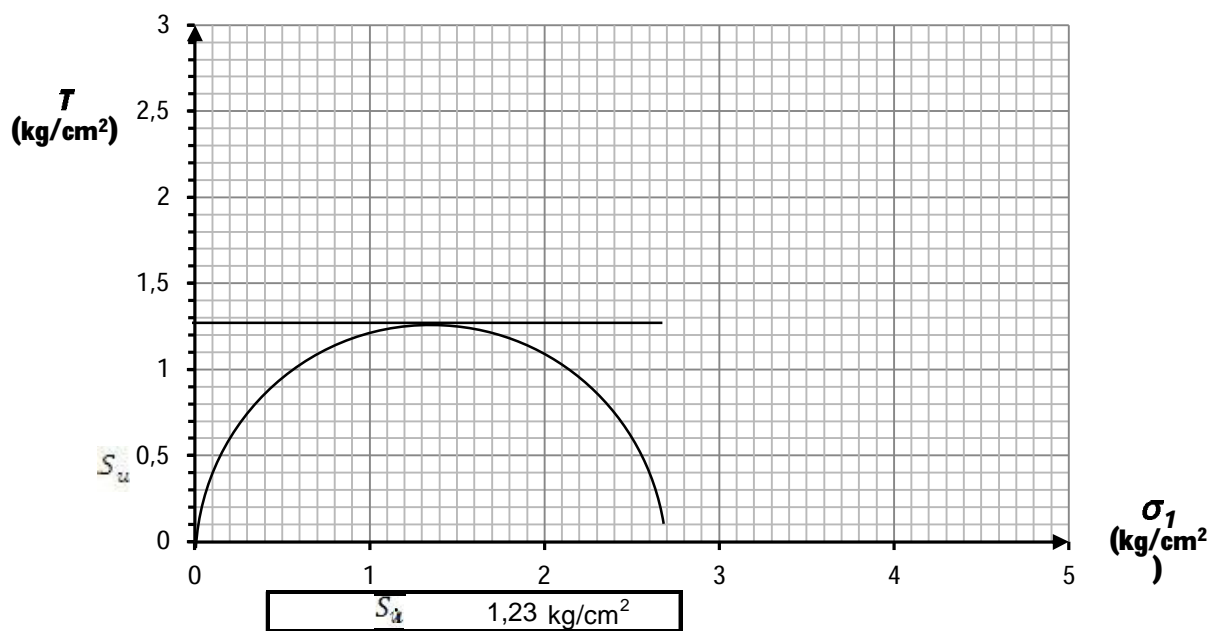


GRÁFICO $\tau - \sigma_1$



Compresión Simple

Proyecto: Estabilización de Suelos con Silicatos

Fecha: 03/04/14

Ubicación: Campus UCC

Operador: Perret, Henry-Vigilante, Nicolás

Tipo de Suelo: Limo

Pozo: PCA-1

Muestra: 3

Profundidad:

1 m

Mezcla: 38:1:8

Edad: 3 días

Dimensiones de la probeta:

Diám. D_0 : 10,16 cm

Factor aro: 15,72 kg/div

Altura L_0 : 11,64 cm

W_{shs} : 1714,00 gr

Área A_0 : 81,07 cm²

W_{sss} : 1555,92 gr

Vol. V_s : 943,69 cm³

Y_{ss} : 1,65 gr/cm³

| Deformación axial ΔL (0,01mm) | Deformación axial unitaria ϵ_v % | Área corregida A_c (cm ²) | Lectura aro (div) | Carga de compresión P (kg) | Tensión de compresión σ_1 (kg/cm ²) |
|--|--|--|----------------------|---------------------------------|---|
| 0 | 0,00 | 81,07 | 0,0 | 0,00 | 0,00 |
| 10 | 0,09 | 81,14 | 1,0 | 15,72 | 0,19 |
| 20 | 0,17 | 81,21 | 2,0 | 31,44 | 0,39 |
| 30 | 0,26 | 81,28 | 2,2 | 34,58 | 0,43 |
| 40 | 0,34 | 81,35 | 3,0 | 47,16 | 0,58 |
| 50 | 0,43 | 81,42 | 3,8 | 59,74 | 0,73 |
| 60 | 0,52 | 81,49 | 4,0 | 62,88 | 0,77 |
| 70 | 0,60 | 81,56 | 4,5 | 70,74 | 0,87 |
| 80 | 0,69 | 81,63 | 5,0 | 78,60 | 0,96 |
| 90 | 0,77 | 81,70 | 6,0 | 94,32 | 1,15 |
| 100 | 0,86 | 81,78 | 7,0 | 110,04 | 1,35 |
| 110 | 0,95 | 81,85 | 8,0 | 125,76 | 1,54 |
| 120 | 1,03 | 81,92 | 9,3 | 146,20 | 1,78 |
| 130 | 1,12 | 81,99 | 10,4 | 163,49 | 1,99 |
| 140 | 1,20 | 82,06 | 11,5 | 180,78 | 2,20 |
| 150 | 1,29 | 82,13 | 13,0 | 204,36 | 2,49 |
| 160 | 1,37 | 82,20 | 13,5 | 212,22 | 2,58 |
| 170 | 1,46 | 82,27 | 13,6 | 213,79 | 2,60 |
| 180 | 1,55 | 82,35 | 14,1 | 221,65 | 2,69 |
| 190 | 1,63 | 82,42 | 13,0 | 204,36 | 2,48 |
| 200 | 1,72 | 82,49 | 13,0 | 204,36 | 2,48 |
| 210 | 1,80 | 82,56 | 13,0 | 204,36 | 2,48 |

Compresión Simple

Proyecto: Estabilización de Suelos con Silicatos

Ubicación: Campus UCC

Operador: Perret, Henry-Vigilante, Nicolás

Tipo de Suelo: Limo

Pozo: PCA-1 **Muestra:** 3

Mezcla: 38:1:8 **Edad:** 3 días

Dimensiones de la probeta:

Diám. D_0 : 10,16 cm

Altura L_0 : 11,64 cm

Área A_0 : 81,07 cm²

Vol. V_s : 943,69 cm³

Fecha: 03/04/14

Profundidad: 1 m

Factor aro: 15,72 kg/div

W_{shs} : 1714,00 gr

W_{sss} : 1555,92 gr

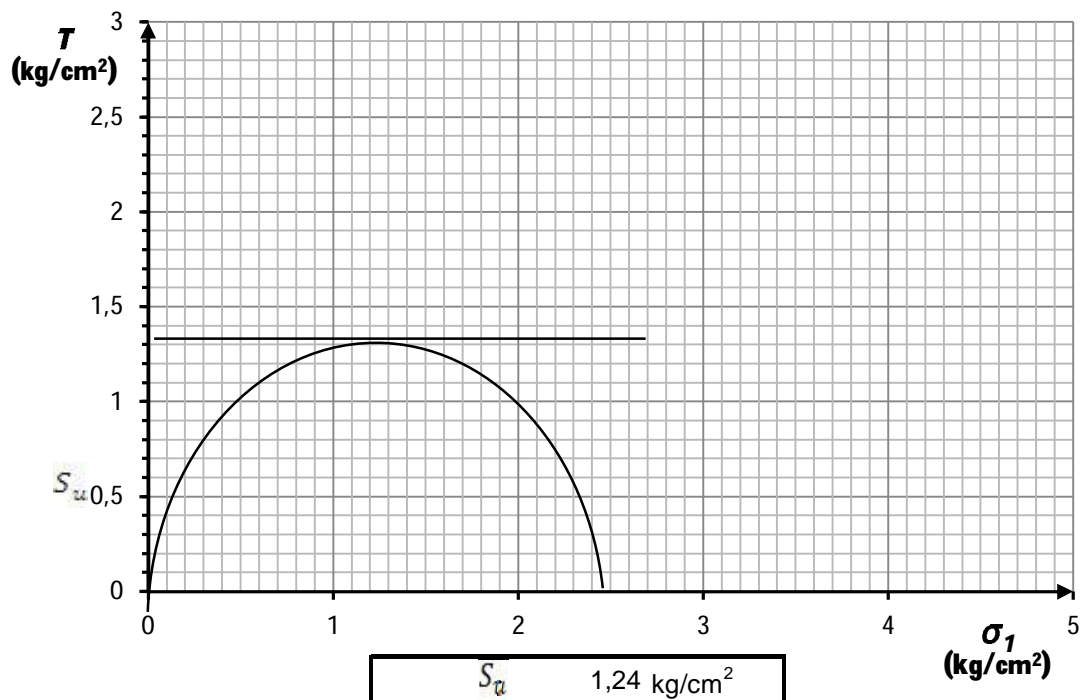
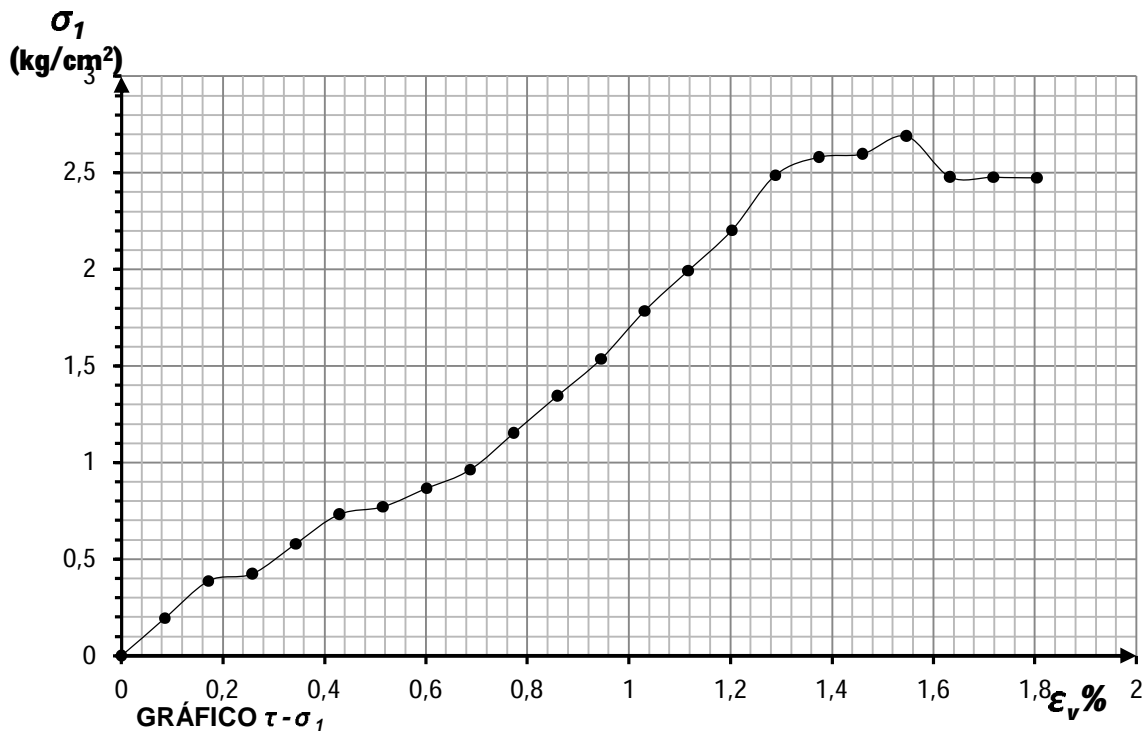
γ_{ss} : 1,65 gr/cm³

Contenido de humedad:

| | |
|---------------------|----------|
| Pesafiltro N°: | 4 |
| P_{fi} : | 354,5 gr |
| $P_{fi} + W_{sh}$: | 613 gr |
| $P_{fi} + W_{ss}$: | 574,0 gr |
| W_w : | 39 gr |
| W_{ss} : | 219,5 gr |
| $\omega\%$: | 17,8 % |

Compresión Simple (Hoja2)

GRÁFICO $\sigma_1 - \epsilon_v \%$



Compresión Simple

Proyecto: Estabilización de Suelos con Silicatos

Fecha: 03/04/14

Ubicación: Campus UCC

Operador: Perret, Henry-Vigilante, Nicolás

Tipo de Suelo: Limo

Pozo: PCA-1

Muestra: 3

Profundidad:

1 m

Mezcla: 38:1:8

Edad: 7 días

Dimensiones de la probeta:

Diám. D_0 : 10,16 cm

Factor aro: 15,72 kg/div

Altura L_0 : 11,64 cm

W_{shs} : 1696,00 gr

Área A_0 : **81,07 cm²**

W_{sss} : 1441,47 gr

Vol. V_s : **943,69 cm³**

Y_{ss} : 1,53 gr/cm³

| Deformación axial ΔL (0,01mm) | Deformación axial unitaria $\varepsilon_v \%$ | Área corregida A_c (cm ²) | Lectura aro (div) | Carga de compresión P (kg) | Tensión de compresión σ_1 (kg/cm ²) |
|--|--|--|----------------------|---------------------------------|---|
| 0 | 0,00 | 81,07 | 0,0 | 0,00 | 0,00 |
| 10 | 0,09 | 81,14 | 1,0 | 15,72 | 0,19 |
| 20 | 0,17 | 81,21 | 1,2 | 18,86 | 0,23 |
| 30 | 0,26 | 81,28 | 1,8 | 28,30 | 0,35 |
| 40 | 0,34 | 81,35 | 2,0 | 31,44 | 0,39 |
| 50 | 0,43 | 81,42 | 2,2 | 34,58 | 0,42 |
| 60 | 0,52 | 81,49 | 2,8 | 44,02 | 0,54 |
| 70 | 0,60 | 81,56 | 3,2 | 50,30 | 0,62 |
| 80 | 0,69 | 81,63 | 3,2 | 50,30 | 0,62 |
| 90 | 0,77 | 81,70 | 3,5 | 55,02 | 0,67 |
| 100 | 0,86 | 81,78 | 3,8 | 59,74 | 0,73 |
| 110 | 0,95 | 81,85 | 4,2 | 66,02 | 0,81 |
| 120 | 1,03 | 81,92 | 5,0 | 78,60 | 0,96 |
| 130 | 1,12 | 81,99 | 5,8 | 91,176 | 1,11 |
| 140 | 1,20 | 82,06 | 6,0 | 94,32 | 1,15 |
| 150 | 1,29 | 82,13 | 6,8 | 106,90 | 1,30 |
| 160 | 1,37 | 82,20 | 7,5 | 117,90 | 1,43 |
| 170 | 1,46 | 82,27 | 8,0 | 125,76 | 1,53 |
| 180 | 1,55 | 82,35 | 8,8 | 138,34 | 1,68 |
| 190 | 1,63 | 82,42 | 9,5 | 149,34 | 1,81 |
| 200 | 1,72 | 82,49 | 10,0 | 157,20 | 1,91 |
| 210 | 1,80 | 82,56 | 10,2 | 160,34 | 1,94 |
| 220 | 1,89 | 82,64 | 11,0 | 172,92 | 2,09 |
| 230 | 1,98 | 82,71 | 11,2 | 176,06 | 2,13 |
| 240 | 2,06 | 82,78 | 11,5 | 180,78 | 2,18 |
| 250 | 2,15 | 82,85 | 11,8 | 185,50 | 2,24 |
| 260 | 2,23 | 82,93 | 11,8 | 185,50 | 2,24 |
| 270 | 2,32 | 83,00 | 11,8 | 185,50 | 2,23 |
| 280 | 2,41 | 83,07 | 11,8 | 185,50 | 2,23 |

Compresión Simple

Proyecto: Estabilización de Suelos con Silicatos

Fecha: 03/04/14

Ubicación: Campus UCC

Operador: Perret, Henry-Vigilante, Nicolás

Tipo de Suelo: Limo

Pozo: PCA-1

Muestra: 3

Profundidad: 1 m

Mezcla: 38:1:8

Edad: 7 días

Dimensiones de la probeta:

Diám. D_0 : 10,16 cm

Factor aro: 15,72 kg/div

Altura L_0 : 11,64 cm

W_{shs} : 1696,00 gr

Área A_0 : 81,07 cm²

W_{sss} : 1441,47 gr

Vol. V_s : 943,69 cm³

γ_{ss} : 1,53 gr/cm³

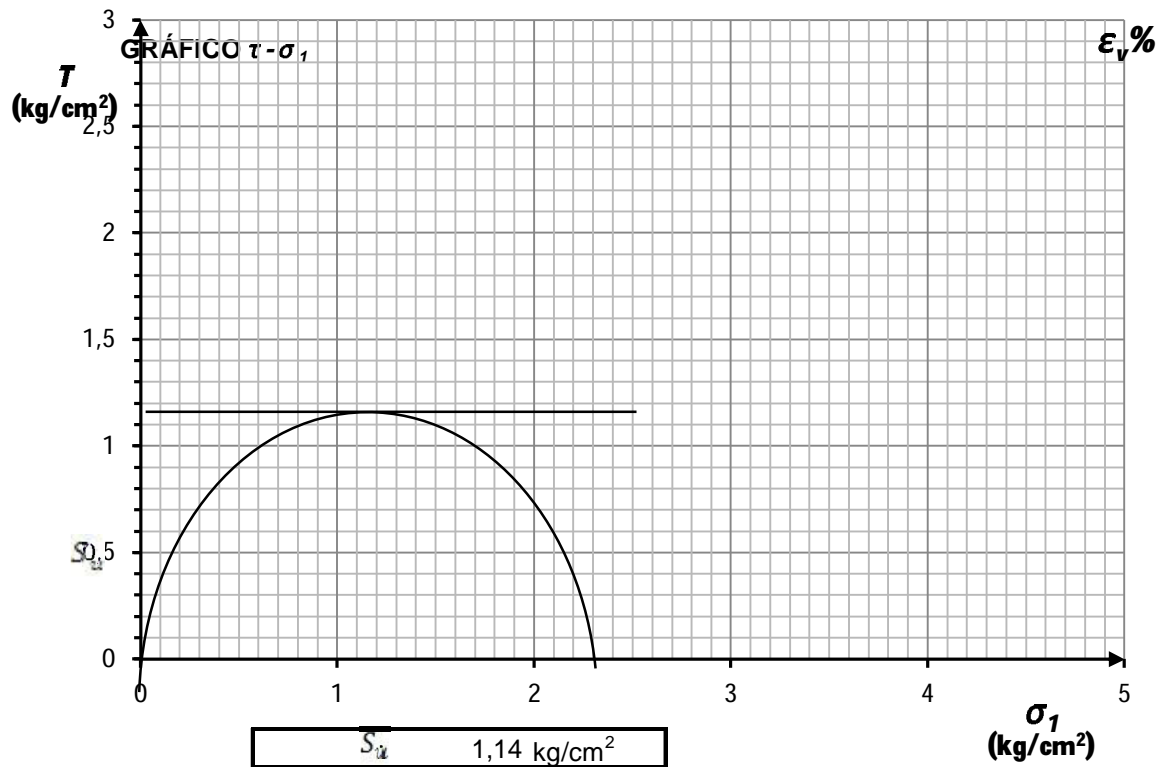
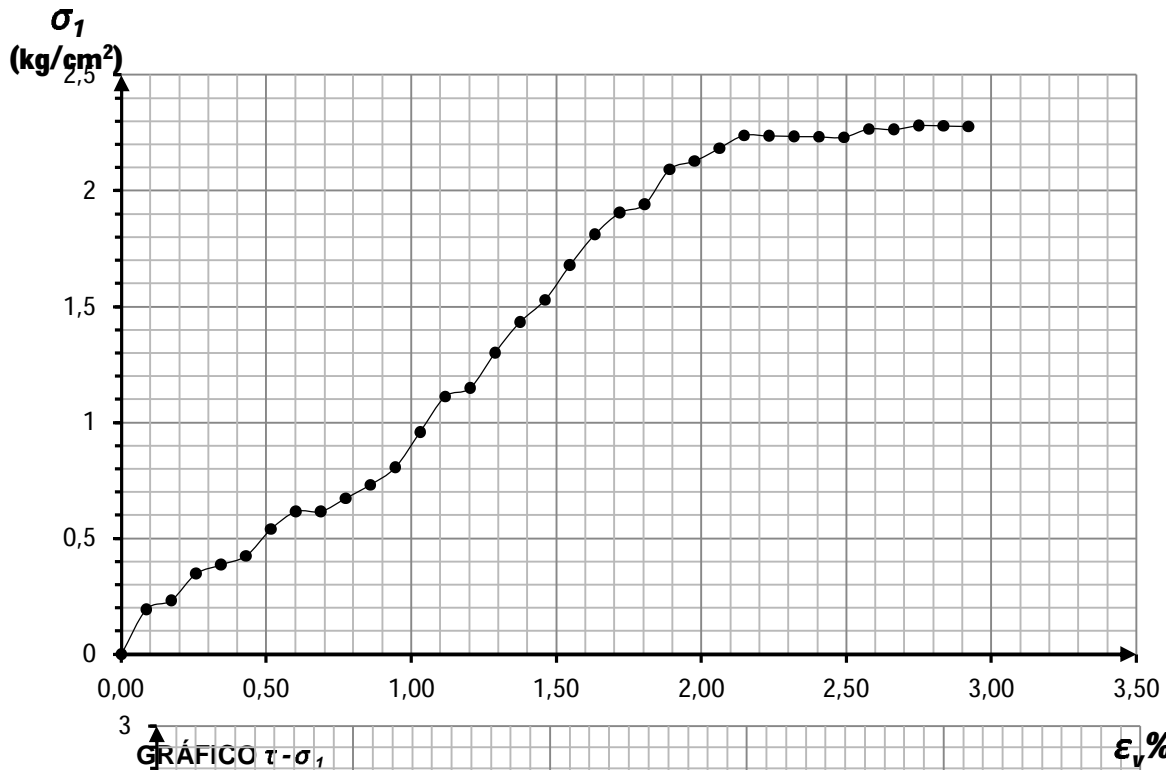
| Deformación axial ΔL (0,01mm) | Deformación axial unitaria ϵ_v % | Área corregida A_c (cm ²) | Lectura aro (div) | Carga de compresión P (kg) | Tensión de compresión σ_1 (kg/cm ²) |
|--|--|--|----------------------|---------------------------------|---|
| 290 | 2,49 | 83,14 | 11,8 | 185,50 | 2,23 |
| 300 | 2,58 | 83,22 | 12,0 | 188,64 | 2,27 |
| 310 | 2,66 | 83,29 | 12,0 | 188,64 | 2,26 |
| 320 | 2,75 | 83,37 | 12,1 | 190,21 | 2,28 |
| 330 | 2,84 | 83,44 | 12,1 | 190,21 | 2,28 |
| 340 | 2,92 | 83,51 | 12,1 | 190,21 | 2,28 |

Contenido de humedad:

| | |
|---------------------|----------|
| Pesafiltro N°: | 12 |
| P_{fi} : | 345 gr |
| $P_{fi} + W_{sh}$: | 671,5 gr |
| $P_{fi} + W_{ss}$: | 622,5 gr |
| W_w : | 49 gr |
| W_{ss} : | 277,5 gr |
| ω %: | 17,7 % |

Compresión Simple (Hoja2)

GRÁFICO $\sigma_1 - \epsilon_v \%$



Compresión Simple

Proyecto: Estabilización de Suelos con Silicatos

Fecha: 03/04/14

Ubicación: Campus UCC

Operador: Perret, Henry-Vigilante, Nicolás

Tipo de Suelo: Limo

Pozo: PCA-1

Muestra: 3

Profundidad:

1 m

Mezcla 38:1:8

Edad: 14 días

Dimensiones de la probeta:

Diám. D_0 : 10,16 cm

Factor aro: 15,72 kg/div

Altura L_0 : 11,64 cm

W_{shs} : 1653,50 gr

Área A_0 : **81,07 cm²**

W_{sss} : 1445,09 gr

Vol. V_s : **943,69 cm³**

Y_{ss} : 1,53 gr/cm³

| Deformación axial ΔL (0,01mm) | Deformación axial unitaria $\epsilon, \%$ | Área corregida A_c (cm ²) | Lectura aro (div) | Carga de compresión P (kg) | Tensión de compresión σ_1 (kg/cm ²) |
|--|--|--|----------------------|---------------------------------|---|
| 0 | 0,00 | 81,07 | 0,0 | 0,00 | 0,00 |
| 10 | 0,09 | 81,14 | 1,0 | 15,72 | 0,19 |
| 20 | 0,17 | 81,21 | 1,5 | 23,58 | 0,29 |
| 30 | 0,26 | 81,28 | 2,0 | 31,44 | 0,39 |
| 40 | 0,34 | 81,35 | 3,2 | 50,30 | 0,62 |
| 50 | 0,43 | 81,42 | 4,5 | 70,74 | 0,87 |
| 60 | 0,52 | 81,49 | 6,0 | 94,32 | 1,16 |
| 70 | 0,60 | 81,56 | 8,0 | 125,76 | 1,54 |
| 80 | 0,69 | 81,63 | 9,2 | 144,62 | 1,77 |
| 90 | 0,77 | 81,70 | 11,0 | 172,92 | 2,12 |
| 100 | 0,86 | 81,78 | 12,5 | 196,50 | 2,40 |
| 110 | 0,95 | 81,85 | 13,0 | 204,36 | 2,50 |
| 120 | 1,03 | 81,92 | 13,0 | 204,36 | 2,49 |
| 130 | 1,12 | 81,99 | 13,0 | 204,36 | 2,49 |

Compresión Simple

Proyecto: Estabilización de Suelos con Silicatos

Ubicación: Campus UCC

Operador: Perret, Henry-Vigilante, Nicolás

Tipo de Suelo: Limo

Pozo: PCA-1 **Muestra:** 3

Mezcla: 38:1:8 **Edad:** 14 días

Dimensiones de la probeta:

Diám. D_0 : 10,16 cm

Altura L_0 : 11,64 cm

Área A_0 : 81,07 cm²

Vol. V_s : 943,69 cm³

Fecha: 03/04/14

Profundidad: 1 m

Factor aro: 15,72 kg/div

W_{shs} : 1653,50 gr

W_{sss} : 1445,09 gr

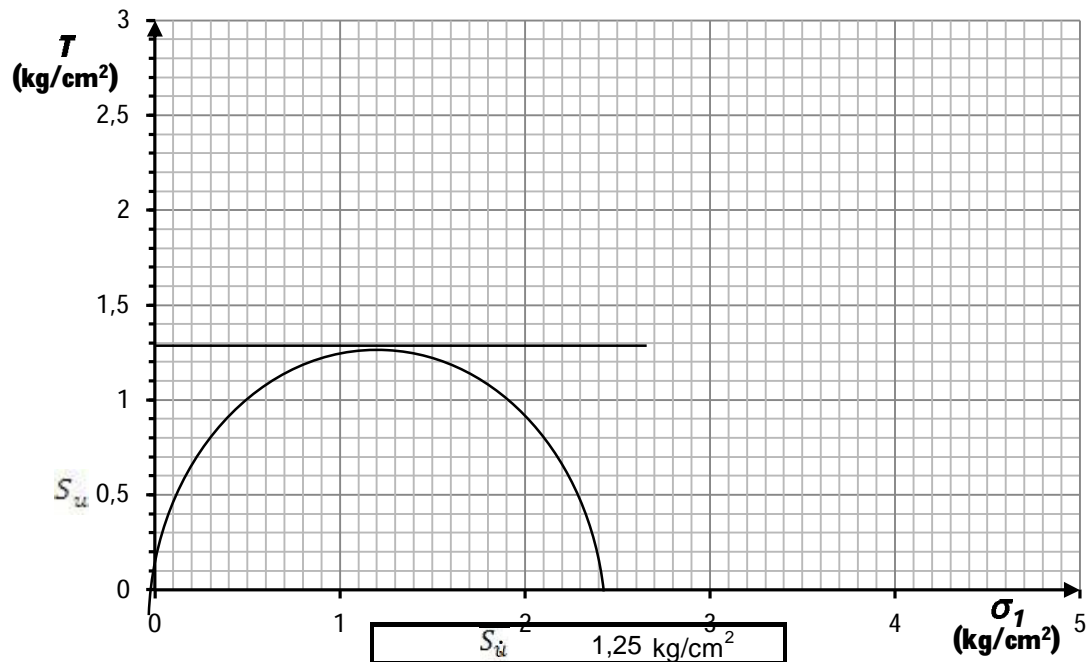
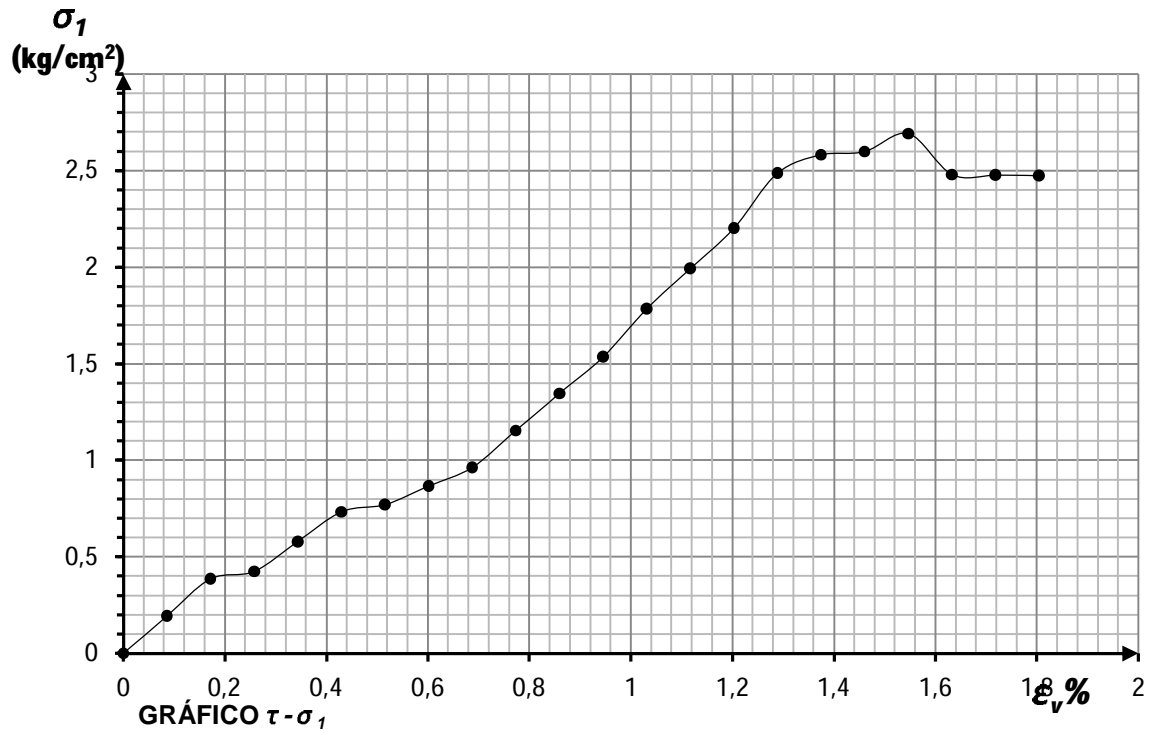
γ_{ss} : 1,53 gr/cm³

Contenido de humedad:

| | |
|---------------------|----------|
| Pesafiltro N°: | 4 |
| P_{fi} : | 333 gr |
| $P_{fi} + W_{sh}$: | 694 gr |
| $P_{fi} + W_{ss}$: | 648,5 gr |
| W_w : | 45,5 gr |
| W_{ss} : | 315,5 gr |
| $\omega\%$: | 14,4 % |

Compresión Simple (Hoja2)

GRÁFICO $\sigma_1 - \epsilon_v \%$



Compresión Simple

Proyecto: Estabilización de Suelos con Silicatos

Fecha: 03/04/14

Ubicación: Campus UCC

Operador: Perret, Henry-Vigilante, Nicolás

Tipo de Suelo: Limo

Pozo: PCA-1

Muestra: 3

Profundidad:

1 m

Mezcla: 38:1:8

Edad: 21 días

Dimensiones de la probeta:

Diám. D_0 : 10,16 cm

Factor aro: 15,72 kg/div

Altura L_0 : 11,64 cm

W_{shs} : 1666,50 gr

Área A_0 : **81,07 cm²**

W_{sss} : 1446,34 gr

Vol. V_s : **943,69 cm³**

Y_{ss} : 1,53 gr/cm³

| Deformación axial ΔL (0,01mm) | Deformación axial unitaria ϵ_c % | Área corregida A_c (cm ²) | Lectura aro (div) | Carga de compresión P (kg) | Tensión de compresión σ_1 (kg/cm ²) |
|--|--|--|----------------------|---------------------------------|---|
| 0 | 0,00 | 81,07 | 0,0 | 0,00 | 0,00 |
| 10 | 0,09 | 81,14 | 1,0 | 15,72 | 0,19 |
| 20 | 0,17 | 81,21 | 1,5 | 23,58 | 0,29 |
| 30 | 0,26 | 81,28 | 2,0 | 31,44 | 0,39 |
| 40 | 0,34 | 81,35 | 3,0 | 47,16 | 0,58 |
| 50 | 0,43 | 81,42 | 4,0 | 62,88 | 0,77 |
| 60 | 0,52 | 81,49 | 5,5 | 86,46 | 1,06 |
| 70 | 0,60 | 81,56 | 7,0 | 110,04 | 1,35 |
| 80 | 0,69 | 81,63 | 8,0 | 125,76 | 1,54 |
| 90 | 0,77 | 81,70 | 9,8 | 154,06 | 1,89 |
| 100 | 0,86 | 81,78 | 11,0 | 172,92 | 2,11 |
| 110 | 0,95 | 81,85 | 12,2 | 191,78 | 2,34 |
| 120 | 1,03 | 81,92 | 13,0 | 204,36 | 2,49 |
| 130 | 1,12 | 81,99 | 13,0 | 204,36 | 2,49 |
| 140 | 1,20 | 82,06 | 13 | 204,36 | 2,49 |

Compresión Simple

Proyecto: Estabilización de Suelos con Silicatos

Ubicación: Campus UCC

Operador: Perret, Henry-Vigilante, Nicolás

Tipo de Suelo: Limo

Pozo: PCA-1 **Muestra:** 3

Mezcla: 38:1:8 **Edad:** 21 días

Dimensiones de la probeta:

Diám. D_0 : 10,16 cm

Altura L_0 : 11,64 cm

Área A_0 : 81,07 cm²

Vol. V_s : 943,69 cm³

Fecha: 03/04/14

Profundidad: 1 m

Factor aro: 15,72 kg/div

W_{shs} : 1666,50 gr

W_{sss} : 1446,34 gr

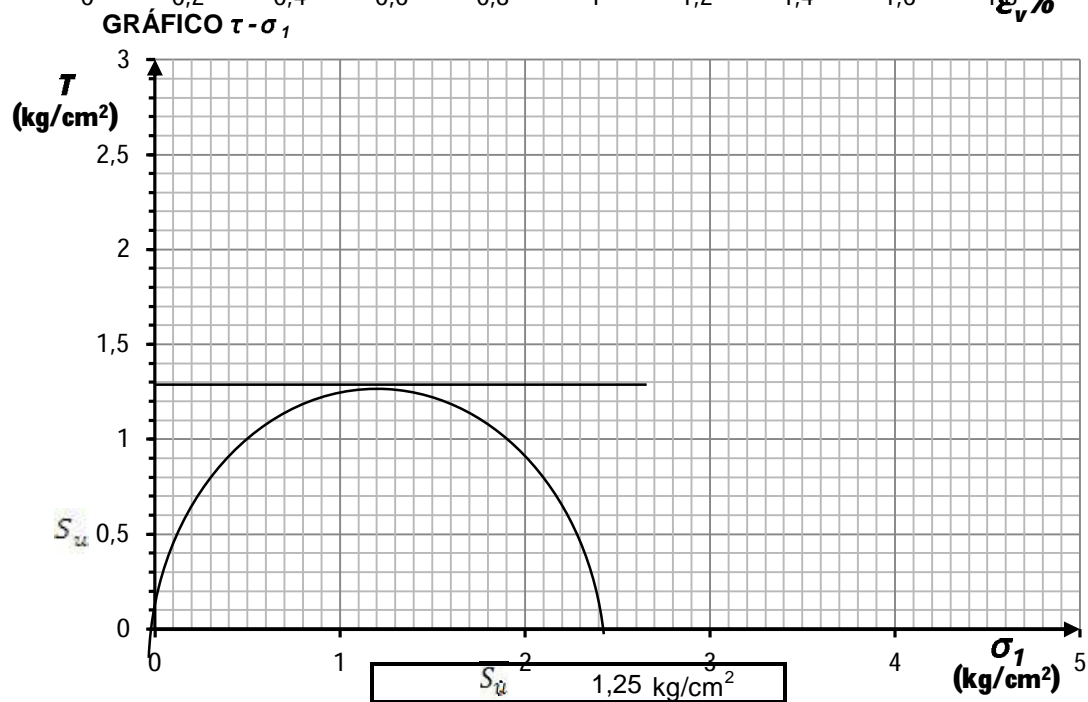
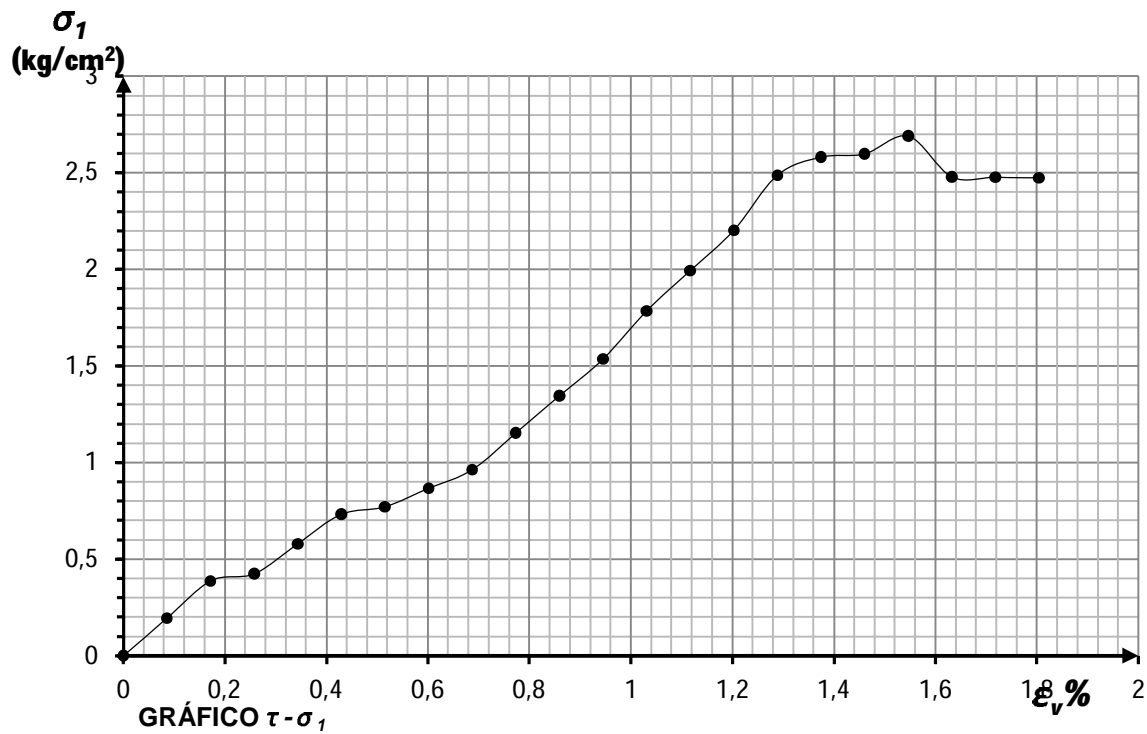
γ_{ss} : 1,53 gr/cm³

Contenido de humedad:

| | |
|---------------------|----------|
| Pesafiltro N°: | 4 |
| P_{fi} : | 333 gr |
| $P_{fi} + W_{sh}$: | 694 gr |
| $P_{fi} + W_{ss}$: | 648,5 gr |
| W_w : | 45,5 gr |
| W_{ss} : | 315,5 gr |
| $\omega\%$: | 14,4 % |

Compresión Simple (Hoja2)

GRÁFICO $\sigma_1 - \varepsilon_v \%$



γ_{ss} : Peso unitario seco, gr/cm³.

CBR (California Bearing Ratio)

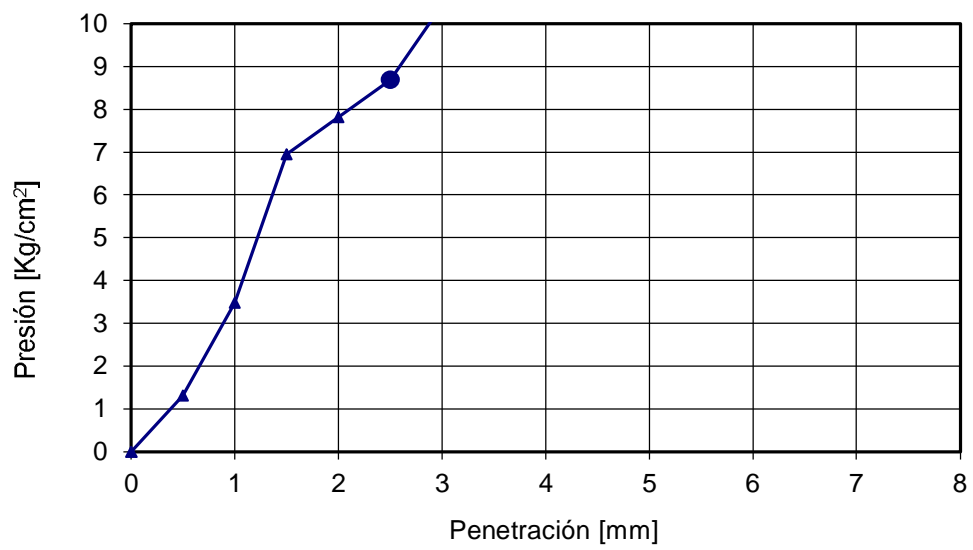
| Humedad final de la probeta: | | | |
|------------------------------|----------|-------|----------|
| Muestra: | Superior | Medio | Inferior |
| Pesafiltro N°: | 1 | | 9 |
| P_{fi} | 347,0 gr | | 329,0 gr |
| $P_{fi} + W_{si}$ | 432,0 gr | | 424,5 gr |
| $P_{fi} + W_{ss}$ | 408,0 gr | | 400,0 gr |
| W_w | 24,0 gr | | 24,5 gr |
| W_{ss} | 61,0 gr | | 71,0 gr |
| $\omega\%$ | 39,3% % | | 35% % |
| $\omega\%$ promedio: | 36,9% % | | |

| Penetración | Lectura | Carga | Presión |
|-------------|---------|--------|-----------------------|
| (mm) | (div) | (Kg) | (Kg/cm ²) |
| 0,00 | 0,0 | 0,00 | 0,00 |
| 0,50 | 1,5 | 23,58 | 1,30 |
| 1,00 | 4,0 | 62,88 | 3,48 |
| 1,50 | 8,0 | 125,76 | 6,95 |
| 2,00 | 9,00 | 141,48 | 7,82 |
| 2,50 | 10,00 | 157,20 | 8,69 |
| 3,00 | 12,00 | 188,64 | 10,43 |
| 4,00 | 15,00 | 235,80 | 13,03 |
| 5,00 | 15,50 | 243,66 | 13,47 |
| 6,00 | 17,00 | 267,24 | 14,77 |
| 7,00 | 19,00 | 298,68 | 16,51 |
| 8,00 | 20,00 | 314,40 | 17,38 |
| 9,00 | 22,00 | 345,84 | 19,12 |
| 10,00 | 23,50 | 369,42 | 20,42 |
| 11,00 | 25,00 | 393,00 | 21,72 |
| 12,00 | 26,00 | 408,72 | 22,59 |
| 13,00 | 28,00 | 440,16 | 24,33 |
| 14,00 | 29,10 | 457,45 | 25,29 |
| 15,00 | 31,00 | 487,32 | 26,94 |
| 16,00 | 32,50 | 510,90 | 28,24 |
| 17,00 | 32,50 | 510,90 | 28,24 |
| 18,00 | 32,50 | 510,90 | 28,24 |

Factor Aro: 15,72 Kg/div

$$CBR = \frac{\sigma_{2.5}}{\sigma_s} * 100 = 12,3\%$$

CBR (California Bearing Ratio)



* Humedad calculada sobre suelo sobrante

CBR (California Bearing Ratio)

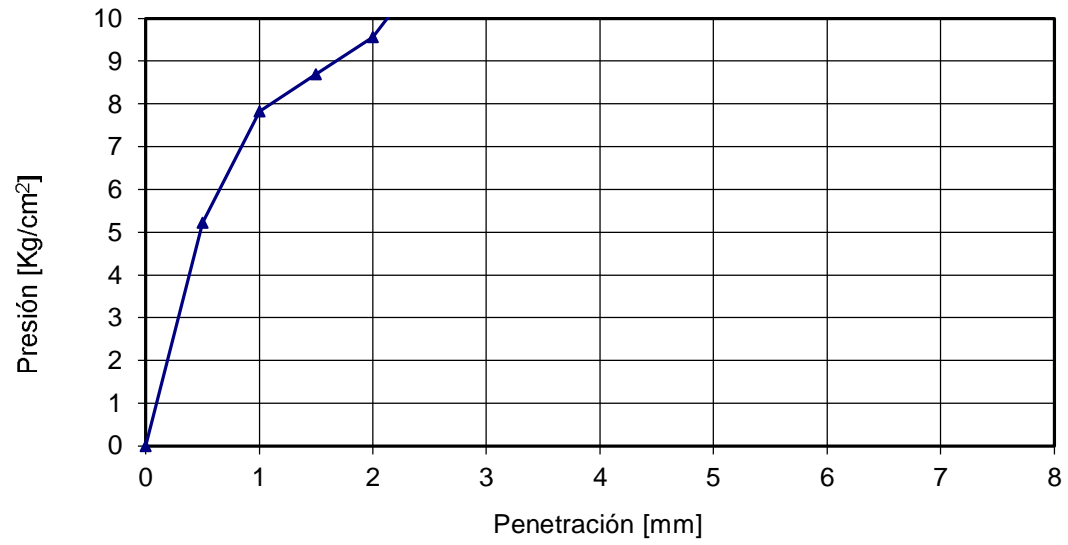
| Humedad final de la probeta: | | | |
|------------------------------|----------|-------|----------|
| Muestra: | Superior | Medio | Inferior |
| Pesafiltro N°: | 15 | | 6 |
| P_{fi} | 347,5 gr | | 355,5 gr |
| $P_{fi} + W_{sh}$ | 419,0 gr | | 462,0 gr |
| $P_{fi} + W_{ss}$ | 402,5 gr | | 436,0 gr |
| W_w | 16,5 gr | | 26,0 gr |
| W_{sh} | 55,0 gr | | 80,5 gr |
| $\omega\%$ | 30,0% % | | 32% % |
| $\omega\%$ promedio: | 31,1% % | | |

| Penetración | Lectura | Carga | Presión |
|-------------|---------|--------|-----------------------|
| (mm) | (div) | (Kg) | (Kg/cm ²) |
| 0,00 | 0,0 | 0,00 | 0,00 |
| 0,50 | 6,0 | 94,32 | 5,21 |
| 1,00 | 9,0 | 141,48 | 7,82 |
| 1,50 | 10,0 | 157,20 | 8,69 |
| 2,00 | 11,00 | 172,92 | 9,56 |
| 2,50 | 13,00 | 204,36 | 11,30 |
| 3,00 | 16,00 | 251,52 | 13,90 |
| 4,00 | 12,00 | 188,64 | 10,43 |
| 5,00 | 4,00 | 62,88 | 3,48 |

Factor Aro: 15,72 Kg/div

$$CBR = \frac{\sigma_{2.5}}{\sigma_s} * 100 = 16,1\%$$

CBR (California Bearing Ratio)



| | | | |
|-------------------------------|--|-----------------|---|
| Proyecto: | Estabilización de suelos con silicatos | | |
| Ubicación: | Campus UCC | | |
| Operador: | Perret, Henry-Vigilante, Nicolás | | |
| Tipo de Suelo: | Limo | | |
| Pozo: | PCA-1 | Muestra: | M |
| Mezcla: | 22:1:5 | | |
| Dimensiones del molde: | ϕ : | | |

Profundidad: 1,00 m

$$\begin{array}{ll} \phi: & 15,20 \text{ cm} & h: & 17,70 \text{ cm} \\ A_0: & \mathbf{181,46 \text{ cm}^2} & V_m: & \mathbf{3211,81 \text{ cm}^3} \end{array}$$

| | |
|---------------------|-----------------|
| Pesafiltro N°: | 23' |
| P_{fi} : | 329 gr |
| $P_{fi} + W_{sh}$: | 555,5 gr |
| $P_{fi} + W_{ss}$: | 517 gr |
| W_w : | 38,5 gr |
| W_{ss} : | 188 gr |
| $\omega\%$: | 20,48% % |

| | |
|----------------------|------------------|
| W_{mp} : | 3066 gr |
| $W_{mp} + W_{shp}$: | 4905 gr |
| W_{shp} : | 1839,0 gr |

| | | |
|-------------------|------------|-------------------------------|
| De Ensayo CBR | Y_{sh} : | 1,79 gr/cm³ |
| | Y_{ss} : | 1,49 gr/cm³ |
| De Ensayo Próctor | Y_{sh} : | 1,85 gr/cm³ |
| | Y_{ss} : | 1,51 gr/cm³ |

[illegible]

P_{fi} : Peso del pesafiltro vacío y limpio, g
 W_{sh} : Peso del suelo húmedo, gr.
 W_{ss} : Peso del suelo seco, gr.
 W_w : Peso del suelo húmedo, gr.
 $\omega\%$: Porcentaje de humedad.

W_{mp} : Peso del molde, gr.
 W_{shp} : Peso del suelo en el molde, gr.
 Y_{sh} : Peso unitario húmedo, gr/cm³.
 Y_{ss} : Peso unitario seco, gr/cm³.

CBR (California Bearing Ratio)

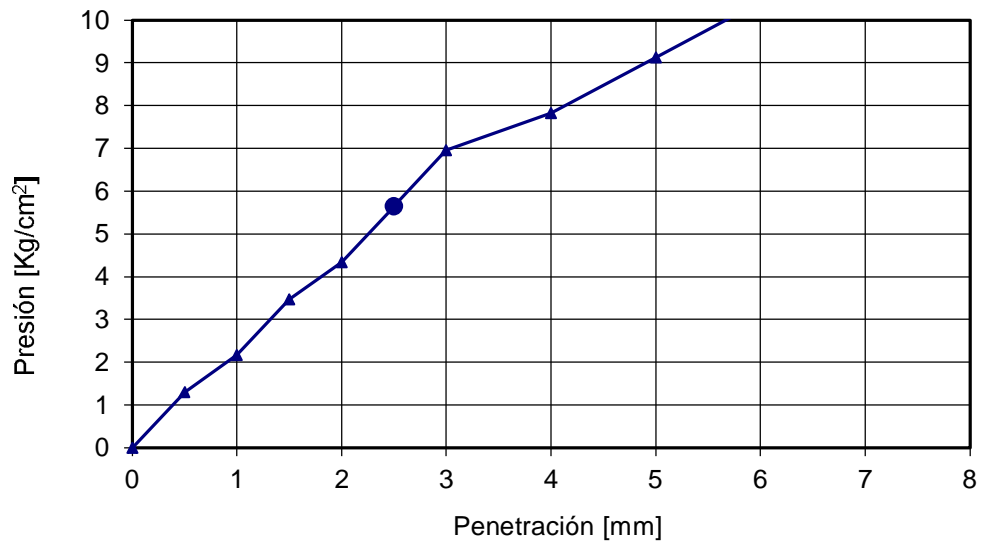
| Humedad final de la probeta: | | | |
|------------------------------|-----------|-------|----------|
| Muestra: | Sueperior | Medio | Inferior |
| Pesafiltro N°: | 1 | | 2 |
| P_{fi} | 343,0 gr | | 345,0 gr |
| $P_{fi} + W_{si}$ | 597,0 gr | | 469,0 gr |
| $P_{fi} + W_{ss}$ | 538,0 gr | | 438,0 gr |
| W_w | 59,0 gr | | 31,0 gr |
| W_s | 195,0 gr | | 93,0 gr |
| $\omega\%$ | 30,3% % | | 33% % |
| $\omega\%$ promedio: | 31,8% % | | |

| Penetración | Lectura | Carga | Presión |
|-------------|---------|--------|-----------------------|
| (mm) | (div) | (Kg) | (Kg/cm ²) |
| 0,00 | 0,0 | 0,00 | 0,00 |
| 0,50 | 1,5 | 23,58 | 1,30 |
| 1,00 | 2,5 | 39,30 | 2,17 |
| 1,50 | 4,0 | 62,88 | 3,48 |
| 2,00 | 5,00 | 78,60 | 4,34 |
| 2,50 | 6,50 | 102,18 | 5,65 |
| 3,00 | 8,00 | 125,76 | 6,95 |
| 4,00 | 9,00 | 141,48 | 7,82 |
| 5,00 | 10,50 | 165,06 | 9,12 |
| 6,00 | 12,00 | 188,64 | 10,43 |
| 7,00 | 14,00 | 220,08 | 12,17 |
| 8,00 | 15,00 | 235,80 | 13,03 |
| 9,00 | 16,20 | 254,66 | 14,08 |
| 10,00 | 16,50 | 259,38 | 14,34 |
| 11,00 | 16,50 | 259,38 | 14,34 |
| 12,00 | 16,50 | 259,38 | 14,34 |

Factor Aro: 15,72 [Kg/div]

$$CBR = \frac{\sigma_{2.5}}{\sigma_s} * 100 = 8,0\%$$

CBR (California Bearing Ratio)



* Humedad calculada sobre suelo sobrante

CBR (California Bearing Ratio)

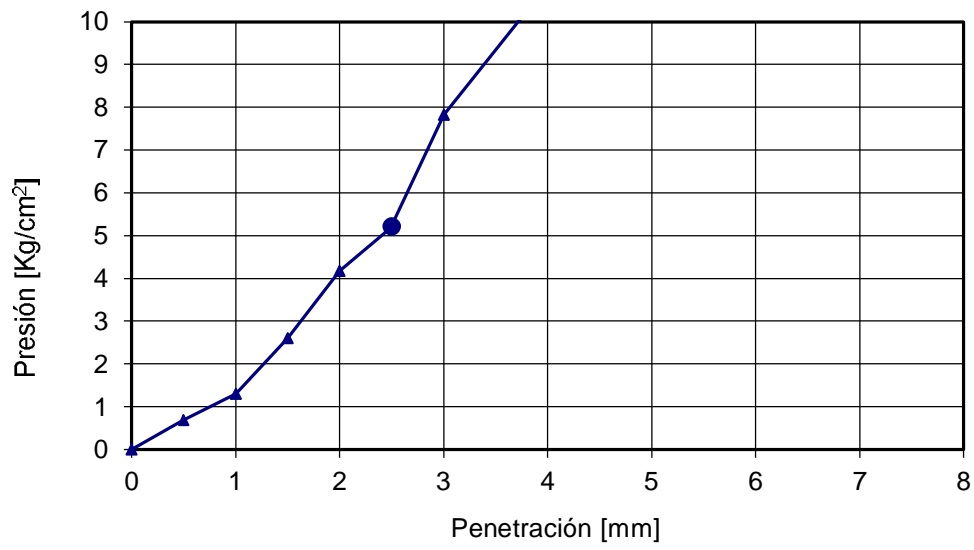
| Humedad final de la probeta: | | | |
|------------------------------|-----------|-------|----------|
| Muestra: | Sueperior | Medio | Inferior |
| Pesafiltro N°: | 1 | | 9 |
| P_{fi} | 347,5 gr | | 328,0 gr |
| $P_{fi} + W_{sh}$ | 415,5 gr | | 421,0 gr |
| $P_{fi} + W_{ss}$ | 398,5 gr | | 398,5 gr |
| W_w | 17,0 gr | | 22,5 gr |
| W_{sh} | 51,0 gr | | 70,5 gr |
| $\omega\%$ | 33,3% % | | 32% % |
| $\omega\%$ Promedio: | 32,6% % | | |

| Penetración | Lectura | Carga | Presión |
|-------------|---------|--------|-----------------------|
| (mm) | (div) | (Kg) | (Kg/cm ²) |
| 0,00 | 0,0 | 0,00 | 0,00 |
| 0,50 | 0,8 | 12,58 | 0,70 |
| 1,00 | 1,5 | 23,58 | 1,30 |
| 1,50 | 3,0 | 47,16 | 2,61 |
| 2,00 | 4,80 | 75,46 | 4,17 |
| 2,50 | 6,00 | 94,32 | 5,21 |
| 3,00 | 9,00 | 141,48 | 7,82 |
| 4,00 | 12,50 | 196,50 | 10,86 |
| 5,00 | 15,00 | 235,80 | 13,03 |
| 6,00 | 17,80 | 279,82 | 15,47 |
| 7,00 | 18,50 | 290,82 | 16,08 |
| 8,00 | 18,80 | 295,54 | 16,34 |
| 9,00 | 18,80 | 295,54 | 16,34 |
| 10,00 | 18,80 | 295,54 | 16,34 |

Factor Aro: 15,72 [Kg/div]

$$CBR = \frac{\sigma_{2.5}}{\sigma_s} * 100 = 7,4\%$$

CBR (California Bearing Ratio)



ANEXO C

MEZCLA 10:1:2-MÓDULO DE ELASTICIDAD A 7 DÍAS (RODILLO DELANTERO)

SCHMERT - Version 1.0 (c) 1994 by Prentice Hall, Inc.
Settlement of Spread Footings on Cohesionless Soils
Using Schmertmann's Method

Title: TRABAJO FINAL-APLICACIÓN VIAL

Units of Measurement: SI
(Press ALT-U to change)

Date: *****
Time: 05:31 PM

Footing Shape: Rectangular
(Press ALT-S to change)

Footing Length = 1.20 m
Footing Width = 0.10 m
Footing Depth = 0.00 m
Applied Load = 130 kN
Elapsed Time = 0.0 yr
Soil Unit Weight
Above Groundwater = 18.2 kN/m³
Below Groundwater = 18.2 kN/m³
Depth to Groundwater = 30.0 m

* RESULTS *
* *
* Bearing Pressure *
* Gross q = 1083 kPa *
* Net q' = 1083 kPa *
* *
* Settlement = 1853.06 mm *
* *

| Depth Interval | | Soil Modulus | Influence Factor | Compression | Strain |
|----------------|-----------|--------------|------------------|-------------|--------|
| Upper (m) | Lower (m) | (kPa) | Iz | (m) | (%) |
| 0.0 | 0.0 | | | | |
| 0.0 | 0.1 | 204 | 1.570 | 0.48687 | 486.87 |
| 0.1 | 0.2 | 204 | 2.447 | 0.75900 | 759.00 |
| 0.2 | 0.3 | 204 | 1.468 | 0.45540 | 455.40 |
| 0.3 | 0.4 | 204 | 0.489 | 0.15180 | 151.80 |
| 0.4 | 0.5 | 107 | 0.000 | 0.00000 | 0.00 |
| 0.5 | 0.6 | 107 | 0.000 | 0.00000 | 0.00 |
| 0.6 | 0.7 | 107 | 0.000 | 0.00000 | 0.00 |
| 0.7 | 0.8 | 107 | 0.000 | 0.00000 | 0.00 |
| 0.8 | 0.9 | 107 | 0.000 | 0.00000 | 0.00 |
| 0.9 | 1.0 | 107 | 0.000 | 0.00000 | 0.00 |
| 1.0 | 1.1 | 107 | 0.000 | 0.00000 | 0.00 |
| 1.1 | 1.2 | 107 | 0.000 | 0.00000 | 0.00 |
| 1.2 | 1.3 | 107 | 0.000 | 0.00000 | 0.00 |
| 1.3 | 1.4 | 107 | 0.000 | 0.00000 | 0.00 |
| 1.4 | 1.5 | 107 | 0.000 | 0.00000 | 0.00 |
| 1.5 | 1.6 | 107 | 0.000 | 0.00000 | 0.00 |
| 1.6 | 1.7 | 107 | 0.000 | 0.00000 | 0.00 |
| 1.7 | 1.8 | 107 | 0.000 | 0.00000 | 0.00 |



MEZCLA 10:1:2-MÓDULO DE ELASTICIDAD A 7 DÍAS (RODILLO TRASERO)

SCHMERT - Version 1.0 (c) 1994 by Prentice Hall, Inc.
Settlement of Spread Footings on Cohesionless Soils
Using Schmertmann's Method

Title: TRABAJO FINAL-APLICACIÓN VIAL

Units of Measurement: SI
(Press ALT-U to change)

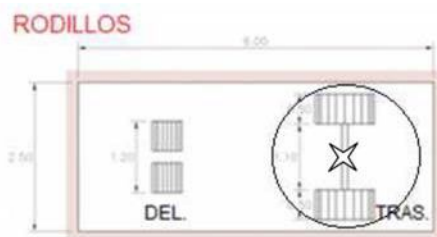
Date: *****
Time: 05:51 PM

Footing Shape: Rectangular
(Press ALT-S to change)

Footing Length = 2.10 m
 Footing Width = 0.10 m
 Footing Depth = 0.00 m
 Applied Load = 170 kN
 Elapsed Time = 0.0 yr
 Soil Unit Weight
 Above Groundwater = 18.0 kN/m³
 Below Groundwater = 18.0 kN/m³
 Depth to Groundwater = 30.0 m

* RESULTS *
* *
* Bearing Pressure *
* Gross q = 810 kPa *
* Net q' = 810 kPa *
* *
* Settlement = 1235.85 mm *
* *

| Depth Interval | | Soil | Influence: | Compression: | Strain |
|----------------|-------|---------|------------|--------------|--------|
| Upper | Lower | Modulus | Factor | | |
| (m) | (m) | (kPa) | I_z | (m) | (%) |
| 0.0 | 0.0 | | | | |
| 0.0 | 0.1 | 204 | 1.409 | 0.32657 | 326.57 |
| 0.1 | 0.2 | 204 | 2.180 | 0.50515 | 505.15 |
| 0.2 | 0.3 | 204 | 1.308 | 0.30309 | 303.09 |
| 0.3 | 0.4 | 204 | 0.436 | 0.10103 | 101.03 |
| 0.4 | 0.5 | 107 | 0.000 | 0.00000 | 0.00 |
| 0.5 | 0.6 | 107 | 0.000 | 0.00000 | 0.00 |
| 0.6 | 0.7 | 107 | 0.000 | 0.00000 | 0.00 |
| 0.7 | 0.8 | 107 | 0.000 | 0.00000 | 0.00 |
| 0.8 | 0.9 | 107 | 0.000 | 0.00000 | 0.00 |
| 0.9 | 1.0 | 107 | 0.000 | 0.00000 | 0.00 |
| 1.0 | 1.1 | 107 | 0.000 | 0.00000 | 0.00 |
| 1.1 | 1.2 | 107 | 0.000 | 0.00000 | 0.00 |
| 1.2 | 1.3 | 107 | 0.000 | 0.00000 | 0.00 |
| 1.3 | 1.4 | 107 | 0.000 | 0.00000 | 0.00 |
| 1.4 | 1.5 | 107 | 0.000 | 0.00000 | 0.00 |
| 1.5 | 1.6 | 107 | 0.000 | 0.00000 | 0.00 |
| 1.6 | 1.7 | 107 | 0.000 | 0.00000 | 0.00 |
| 1.7 | 1.8 | 107 | 0.000 | 0.00000 | 0.00 |



MEZCLA 10:1:2-MÓDULO DE ELASTICIDAD A 14 DÍAS (RODILLO DELANTERO)

SCHMERT - Version 1.0 (c) 1994 by Prentice Hall, Inc.
Settlement of Spread Footings on Cohesionless Soils
Using Schmertmann's Method

Title: TRABAJO FINAL-APLICACIÓN VIAL

Units of Measurement: SI
(Press ALT-U to change)

Date: *****
Time: 05:33 PM

Footing Shape: Rectangular
(Press ALT-S to change)

Footing Length = 1.20 m
Footing Width = 0.10 m
Footing Depth = 0.00 m
Applied Load = 130 kN
Elapsed Time = 0.0 yr
Soil Unit Weight
Above Groundwater = 18.2 kN/m³
Below Groundwater = 18.2 kN/m³
Depth to Groundwater = 30.0 m

* RESULTS *
* *
* Bearing Pressure *
* Gross $q = 1083$ kPa *
* Net $q' = 1083$ kPa *
* *
* Settlement = 1862.19 mm *
* *

| Depth Interval | | Soil | Influence: | | |
|----------------|-------|---------|------------|--------------|--------|
| Upper | Lower | Modulus | Factor | Compression: | Strain |
| (m) | (m) | (kPa) | I_z | (m) | (%) |
| 0.0 | 0.0 | | | | |
| 0.0 | 0.1 | 203 | 1.570 | 0.48926 | 489.26 |
| 0.1 | 0.2 | 203 | 2.447 | 0.76273 | 762.73 |
| 0.2 | 0.3 | 203 | 1.468 | 0.45764 | 457.64 |
| 0.3 | 0.4 | 203 | 0.489 | 0.15255 | 152.55 |
| 0.4 | 0.5 | 107 | 0.000 | 0.00000 | 0.00 |
| 0.5 | 0.6 | 107 | 0.000 | 0.00000 | 0.00 |
| 0.6 | 0.7 | 107 | 0.000 | 0.00000 | 0.00 |
| 0.7 | 0.8 | 107 | 0.000 | 0.00000 | 0.00 |
| 0.8 | 0.9 | 107 | 0.000 | 0.00000 | 0.00 |
| 0.9 | 1.0 | 107 | 0.000 | 0.00000 | 0.00 |
| 1.0 | 1.1 | 107 | 0.000 | 0.00000 | 0.00 |
| 1.1 | 1.2 | 107 | 0.000 | 0.00000 | 0.00 |
| 1.2 | 1.3 | 107 | 0.000 | 0.00000 | 0.00 |
| 1.3 | 1.4 | 107 | 0.000 | 0.00000 | 0.00 |
| 1.4 | 1.5 | 107 | 0.000 | 0.00000 | 0.00 |
| 1.5 | 1.6 | 107 | 0.000 | 0.00000 | 0.00 |
| 1.6 | 1.7 | 107 | 0.000 | 0.00000 | 0.00 |
| 1.7 | 1.8 | 107 | 0.000 | 0.00000 | 0.00 |



MEZCLA 10:1:2-MÓDULO DE ELASTICIDAD A 14 DÍAS (RODILLO TRASERO)

SCHMERT - Version 1.0 (c) 1994 by Prentice Hall, Inc.
Settlement of Spread Footings on Cohesionless Soils
Using Schmertmann's Method

Title: TRABAJO FINAL-APLICACIÓN VIAL

Units of Measurement: SI
(Press ALT-U to change)

Date: *****
Time: 05:52 PM

Footi ng Shape: Rectangul ar
(Press ALT-S to change)

Footi ng Length = 2.10 m
Footi ng Width = 0.10 m
Footi ng Depth = 0.00 m
Applied Load = 170 kN
Elapsed Time = 0.0 yr
Soi l Unit Weight
Above Groundwater = 18.0 kN/m³
Below Groundwater = 18.0 kN/m³
Depth to Groundwater = 30.0 m

* RESULTS *
*
* Bearing Pressure *
* Gross $q = 810$ kPa *
* Net $q' = 810$ kPa *
*
* Settlement = 1241.93 mm *
*

| Depth Interval | | Soi l | Infl uence: | Compressi on: | Strain |
|----------------|-------|----------|-------------|---------------|--------|
| Upper | Lower | Modul us | Factor | | |
| (m) | (m) | (kPa) | I z | (m) | (%) |
| 0.0 | 0.0 | | | | |
| 0.0 | 0.1 | 203 | 1.409 | 0.32818 | 328.18 |
| 0.1 | 0.2 | 203 | 2.180 | 0.50764 | 507.64 |
| 0.2 | 0.3 | 203 | 1.308 | 0.30459 | 304.59 |
| 0.3 | 0.4 | 203 | 0.436 | 0.10153 | 101.53 |
| 0.4 | 0.5 | 107 | 0.000 | 0.00000 | 0.00 |
| 0.5 | 0.6 | 107 | 0.000 | 0.00000 | 0.00 |
| 0.6 | 0.7 | 107 | 0.000 | 0.00000 | 0.00 |
| 0.7 | 0.8 | 107 | 0.000 | 0.00000 | 0.00 |
| 0.8 | 0.9 | 107 | 0.000 | 0.00000 | 0.00 |
| 0.9 | 1.0 | 107 | 0.000 | 0.00000 | 0.00 |
| 1.0 | 1.1 | 107 | 0.000 | 0.00000 | 0.00 |
| 1.1 | 1.2 | 107 | 0.000 | 0.00000 | 0.00 |
| 1.2 | 1.3 | 107 | 0.000 | 0.00000 | 0.00 |
| 1.3 | 1.4 | 107 | 0.000 | 0.00000 | 0.00 |
| 1.4 | 1.5 | 107 | 0.000 | 0.00000 | 0.00 |
| 1.5 | 1.6 | 107 | 0.000 | 0.00000 | 0.00 |
| 1.6 | 1.7 | 107 | 0.000 | 0.00000 | 0.00 |
| 1.7 | 1.8 | 107 | 0.000 | 0.00000 | 0.00 |



MEZCLA 10:1:2-MÓDULO DE ELASTICIDAD A 21 DÍAS (RODILLO DELANTERO)

SCHMERT - Version 1.0 (c) 1994 by Prentice Hall, Inc.
Settlement of Spread Footings on Cohesionless Soils
Using Schmertmann's Method

Title: TRABAJO FINAL-APLICACIÓN VIAL

Units of Measurement: SI
(Press ALT-U to change)

Date: *****
Time: 05:34 PM

Footing Shape: Rectangular
(Press ALT-S to change)

Footing Length = 1.20 m
Footing Width = 0.10 m
Footing Depth = 0.00 m
Applied Load = 130 kN
Elapsed Time = 0.0 yr
Soil Unit Weight
Above Groundwater = 18.2 kN/m³
Below Groundwater = 18.2 kN/m³
Depth to Groundwater = 30.0 m

* RESULTS *
* *
* Bearing Pressure *
* Gross $q = 1083$ kPa *
* Net $q' = 1083$ kPa *
* *
* Settlement = 1672.67 mm *
* *

| Depth Interval | | Soil | Influence: | Compression: | Strain |
|----------------|-------|---------|------------|--------------|--------|
| Upper | Lower | Modulus | Factor | | |
| (m) | (m) | (kPa) | I_z | (m) | (%) |
| 0.0 | 0.0 | | | | |
| 0.0 | 0.1 | 226 | 1.570 | 0.43947 | 439.47 |
| 0.1 | 0.2 | 226 | 2.447 | 0.68511 | 685.11 |
| 0.2 | 0.3 | 226 | 1.468 | 0.41107 | 411.07 |
| 0.3 | 0.4 | 226 | 0.489 | 0.13702 | 137.02 |
| 0.4 | 0.5 | 107 | 0.000 | 0.00000 | 0.00 |
| 0.5 | 0.6 | 107 | 0.000 | 0.00000 | 0.00 |
| 0.6 | 0.7 | 107 | 0.000 | 0.00000 | 0.00 |
| 0.7 | 0.8 | 107 | 0.000 | 0.00000 | 0.00 |
| 0.8 | 0.9 | 107 | 0.000 | 0.00000 | 0.00 |
| 0.9 | 1.0 | 107 | 0.000 | 0.00000 | 0.00 |
| 1.0 | 1.1 | 107 | 0.000 | 0.00000 | 0.00 |
| 1.1 | 1.2 | 107 | 0.000 | 0.00000 | 0.00 |
| 1.2 | 1.3 | 107 | 0.000 | 0.00000 | 0.00 |
| 1.3 | 1.4 | 107 | 0.000 | 0.00000 | 0.00 |
| 1.4 | 1.5 | 107 | 0.000 | 0.00000 | 0.00 |
| 1.5 | 1.6 | 107 | 0.000 | 0.00000 | 0.00 |
| 1.6 | 1.7 | 107 | 0.000 | 0.00000 | 0.00 |
| 1.7 | 1.8 | 107 | 0.000 | 0.00000 | 0.00 |



MEZCLA 10:1:2-MÓDULO DE ELASTICIDAD A 21 DÍAS (RODILLO TRASERO)

SCHMERT - Version 1.0 (c) 1994 by Prentice Hall, Inc.
Settlement of Spread Footings on Cohesionless Soils
Using Schmertmann's Method

Title: TRABAJO FINAL-APLICACIÓN VIAL

Units of Measurement: SI
(Press ALT-U to change)

Date: *****
Time: 05:52 PM

Footing Shape: Rectangular
(Press ALT-S to change)

Footing Length = 2.10 m
Footing Width = 0.10 m
Footing Depth = 0.00 m
Applied Load = 170 kN
Elapsed Time = 0.0 yr
Soil Unit Weight
Above Groundwater = 18.0 kN/m³
Below Groundwater = 18.0 kN/m³
Depth to Groundwater = 30.0 m

* RESULTS *
* *
* Bearing Pressure *
* Gross $q = 810$ kPa *
* Net $q' = 810$ kPa *
* *
* Settlement = 1115.54 mm *
* *

| Depth Interval | | Soil | Influence: | | |
|----------------|-------|---------|------------|--------------|--------|
| Upper | Lower | Modulus | Factor | Compression: | Strain |
| (m) | (m) | (kPa) | I_z | (m) | (%) |
| 0.0 | 0.0 | | | | |
| 0.0 | 0.1 | 226 | 1.409 | 0.29478 | 294.78 |
| 0.1 | 0.2 | 226 | 2.180 | 0.45598 | 455.98 |
| 0.2 | 0.3 | 226 | 1.308 | 0.27359 | 273.59 |
| 0.3 | 0.4 | 226 | 0.436 | 0.09120 | 91.20 |
| 0.4 | 0.5 | 107 | 0.000 | 0.00000 | 0.00 |
| 0.5 | 0.6 | 107 | 0.000 | 0.00000 | 0.00 |
| 0.6 | 0.7 | 107 | 0.000 | 0.00000 | 0.00 |
| 0.7 | 0.8 | 107 | 0.000 | 0.00000 | 0.00 |
| 0.8 | 0.9 | 107 | 0.000 | 0.00000 | 0.00 |
| 0.9 | 1.0 | 107 | 0.000 | 0.00000 | 0.00 |
| 1.0 | 1.1 | 107 | 0.000 | 0.00000 | 0.00 |
| 1.1 | 1.2 | 107 | 0.000 | 0.00000 | 0.00 |
| 1.2 | 1.3 | 107 | 0.000 | 0.00000 | 0.00 |
| 1.3 | 1.4 | 107 | 0.000 | 0.00000 | 0.00 |
| 1.4 | 1.5 | 107 | 0.000 | 0.00000 | 0.00 |
| 1.5 | 1.6 | 107 | 0.000 | 0.00000 | 0.00 |
| 1.6 | 1.7 | 107 | 0.000 | 0.00000 | 0.00 |
| 1.7 | 1.8 | 107 | 0.000 | 0.00000 | 0.00 |



MEZCLA 22:1:5-MÓDULO DE ELASTICIDAD A 7 DÍAS (RODILLO DELANTERO)

SCHMERT - Version 1.0 (c) 1994 by Prentice Hall, Inc.
Settlement of Spread Footings on Cohesionless Soils
Using Schmertmann's Method

Title: TRABAJO FINAL-APLICACIÓN VIAL

Units of Measurement: SI
(Press ALT-U to change)

Date: *****
Time: 05:36 PM

Footing Shape: Rectangular
(Press ALT-S to change)

Footing Length = 1.20 m
Footing Width = 0.10 m
Footing Depth = 0.00 m
Applied Load = 130 kN
Elapsed Time = 0.0 yr
Soil Unit Weight
Above Groundwater = 18.6 kN/m³
Below Groundwater = 18.6 kN/m³
Depth to Groundwater = 30.0 m

* RESULTS *
* *
* Bearing Pressure *
* Gross $q = 1083$ kPa *
* Net $q' = 1083$ kPa *
* *
* Settlement = 2974.37 mm *
* *

| Depth Interval | | Soil | Influence: | | |
|----------------|-------|---------|------------|--------------|---------|
| Upper | Lower | Modulus | Factor | Compression: | Strain |
| (m) | (m) | (kPa) | I_z | (m) | (%) |
| 0.0 | 0.0 | | | | |
| 0.0 | 0.1 | 126 | 1.557 | 0.78180 | 781.80 |
| 0.1 | 0.2 | 126 | 2.426 | 1.21810 | 1218.10 |
| 0.2 | 0.3 | 126 | 1.456 | 0.73086 | 730.86 |
| 0.3 | 0.4 | 126 | 0.485 | 0.24362 | 243.62 |
| 0.4 | 0.5 | 107 | 0.000 | 0.00000 | 0.00 |
| 0.5 | 0.6 | 107 | 0.000 | 0.00000 | 0.00 |
| 0.6 | 0.7 | 107 | 0.000 | 0.00000 | 0.00 |
| 0.7 | 0.8 | 107 | 0.000 | 0.00000 | 0.00 |
| 0.8 | 0.9 | 107 | 0.000 | 0.00000 | 0.00 |
| 0.9 | 1.0 | 107 | 0.000 | 0.00000 | 0.00 |
| 1.0 | 1.1 | 107 | 0.000 | 0.00000 | 0.00 |
| 1.1 | 1.2 | 107 | 0.000 | 0.00000 | 0.00 |
| 1.2 | 1.3 | 107 | 0.000 | 0.00000 | 0.00 |
| 1.3 | 1.4 | 107 | 0.000 | 0.00000 | 0.00 |
| 1.4 | 1.5 | 107 | 0.000 | 0.00000 | 0.00 |
| 1.5 | 1.6 | 107 | 0.000 | 0.00000 | 0.00 |
| 1.6 | 1.7 | 107 | 0.000 | 0.00000 | 0.00 |
| 1.7 | 1.8 | 107 | 0.000 | 0.00000 | 0.00 |



MEZCLA 22:1:5-MÓDULO DE ELASTICIDAD A 7 DÍAS (RODILLO TRASERO)

SCHMERT - Version 1.0 (c) 1994 by Prentice Hall, Inc.
Settlement of Spread Footings on Cohesionless Soils
Using Schmertmann's Method

Title: TRABAJO FINAL-APLICACIÓN VIAL

Units of Measurement: SI
(Press ALT-U to change)

Date: *****
Time: 05:44 PM

Footing Shape: Rectangular
(Press ALT-S to change)

Footing Length = 2.10 m
Footing Width = 0.10 m
Footing Depth = 0.00 m
Applied Load = 170 kN
Elapsed Time = 0.0 yr
Soil Unit Weight
Above Groundwater = 18.6 kN/m³
Below Groundwater = 18.6 kN/m³
Depth to Groundwater = 30.0 m

* RESULTS *
* *
* Bearing Pressure *
* Gross $q = 810$ kPa *
* Net $q' = 810$ kPa *
* *
* Settlement = 1977.22 mm *
* *

| Depth Interval | | Soil Modulus | Influence Factor | Compression | Strain |
|----------------|-----------|--------------|------------------|-------------|--------|
| Upper (m) | Lower (m) | (kPa) | Iz | (m) | (%) |
| 0.0 | 0.0 | | | | |
| 0.0 | 0.1 | 126 | 1.393 | 0.52281 | 522.81 |
| 0.1 | 0.2 | 126 | 2.153 | 0.80801 | 808.01 |
| 0.2 | 0.3 | 126 | 1.292 | 0.48480 | 484.80 |
| 0.3 | 0.4 | 126 | 0.431 | 0.16160 | 161.60 |
| 0.4 | 0.5 | 107 | 0.000 | 0.00000 | 0.00 |
| 0.5 | 0.6 | 107 | 0.000 | 0.00000 | 0.00 |
| 0.6 | 0.7 | 107 | 0.000 | 0.00000 | 0.00 |
| 0.7 | 0.8 | 107 | 0.000 | 0.00000 | 0.00 |
| 0.8 | 0.9 | 107 | 0.000 | 0.00000 | 0.00 |
| 0.9 | 1.0 | 107 | 0.000 | 0.00000 | 0.00 |
| 1.0 | 1.1 | 107 | 0.000 | 0.00000 | 0.00 |
| 1.1 | 1.2 | 107 | 0.000 | 0.00000 | 0.00 |
| 1.2 | 1.3 | 107 | 0.000 | 0.00000 | 0.00 |
| 1.3 | 1.4 | 107 | 0.000 | 0.00000 | 0.00 |
| 1.4 | 1.5 | 107 | 0.000 | 0.00000 | 0.00 |
| 1.5 | 1.6 | 107 | 0.000 | 0.00000 | 0.00 |
| 1.6 | 1.7 | 107 | 0.000 | 0.00000 | 0.00 |
| 1.7 | 1.8 | 107 | 0.000 | 0.00000 | 0.00 |



MEZCLA 22:1:5-MÓDULO DE ELASTICIDAD A 14 DÍAS (RODILLO DELANTERO)

SCHMERT - Version 1.0 (c) 1994 by Prentice Hall, Inc.
Settlement of Spread Footings on Cohesionless Soils
Using Schmertmann's Method

Title: TRABAJO FINAL-APLICACIÓN VIAL

Units of Measurement: SI
(Press ALT-U to change)

Date: *****
Time: 05:37 PM

Footing Shape: Rectangular
(Press ALT-S to change)

Footing Length = 1.20 m
Footing Width = 0.10 m
Footing Depth = 0.00 m
Applied Load = 130 kN
Elapsed Time = 0.0 yr
Soil Unit Weight
Above Groundwater = 18.6 kN/m³
Below Groundwater = 18.6 kN/m³
Depth to Groundwater = 30.0 m

* RESULTS *
* *
* Bearing Pressure *
* Gross $q = 1083$ kPa *
* Net $q' = 1083$ kPa *
* *
* Settlement = 2715.73 mm *
* *

| Depth Interval | | Soil | Influence: | | |
|----------------|-------|---------|------------|--------------|---------|
| Upper | Lower | Modulus | Factor | Compression: | Strain |
| (m) | (m) | (kPa) | I_z | (m) | (%) |
| 0.0 | 0.0 | | | | |
| 0.0 | 0.1 | 138 | 1.557 | 0.71382 | 713.82 |
| 0.1 | 0.2 | 138 | 2.426 | 1.11217 | 1112.17 |
| 0.2 | 0.3 | 138 | 1.456 | 0.66730 | 667.30 |
| 0.3 | 0.4 | 138 | 0.485 | 0.22243 | 222.43 |
| 0.4 | 0.5 | 107 | 0.000 | 0.00000 | 0.00 |
| 0.5 | 0.6 | 107 | 0.000 | 0.00000 | 0.00 |
| 0.6 | 0.7 | 107 | 0.000 | 0.00000 | 0.00 |
| 0.7 | 0.8 | 107 | 0.000 | 0.00000 | 0.00 |
| 0.8 | 0.9 | 107 | 0.000 | 0.00000 | 0.00 |
| 0.9 | 1.0 | 107 | 0.000 | 0.00000 | 0.00 |
| 1.0 | 1.1 | 107 | 0.000 | 0.00000 | 0.00 |
| 1.1 | 1.2 | 107 | 0.000 | 0.00000 | 0.00 |
| 1.2 | 1.3 | 107 | 0.000 | 0.00000 | 0.00 |
| 1.3 | 1.4 | 107 | 0.000 | 0.00000 | 0.00 |
| 1.4 | 1.5 | 107 | 0.000 | 0.00000 | 0.00 |
| 1.5 | 1.6 | 107 | 0.000 | 0.00000 | 0.00 |
| 1.6 | 1.7 | 107 | 0.000 | 0.00000 | 0.00 |
| 1.7 | 1.8 | 107 | 0.000 | 0.00000 | 0.00 |



MEZCLA 22:1:5-MÓDULO DE ELASTICIDAD A 14 DÍAS (RODILLO TRASERO)

SCHMERT - Version 1.0 (c) 1994 by Prentice Hall, Inc.
Settlement of Spread Footings on Cohesionless Soils
Using Schmertmann's Method

Title: TRABAJO FINAL-APLICACIÓN VIAL

Units of Measurement: SI
(Press ALT-U to change)

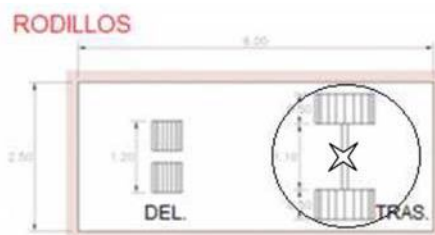
Date: *****
Time: 05:48 PM

Footing Shape: Rectangular
(Press ALT-S to change)

Footing Length = 2.10 m
Footing Width = 0.10 m
Footing Depth = 0.00 m
Applied Load = 170 kN
Elapsed Time = 0.0 yr
Soil Unit Weight
Above Groundwater = 18.6 kN/m³
Below Groundwater = 18.6 kN/m³
Depth to Groundwater = 30.0 m

* RESULTS *
* Bearing Pressure *
* Gross q = 810 kPa *
* Net q' = 810 kPa *
* Settlement = 1805.29 mm *

| Depth Interval | | Soil Modulus | Influence Factor | Compression | Strain |
|----------------|-----------|--------------|------------------|-------------|--------|
| Upper (m) | Lower (m) | (kPa) | Iz | (m) | (%) |
| 0.0 | 0.0 | | | | |
| 0.0 | 0.1 | 138 | 1.393 | 0.47735 | 477.35 |
| 0.1 | 0.2 | 138 | 2.153 | 0.73774 | 737.74 |
| 0.2 | 0.3 | 138 | 1.292 | 0.44265 | 442.65 |
| 0.3 | 0.4 | 138 | 0.431 | 0.14755 | 147.55 |
| 0.4 | 0.5 | 107 | 0.000 | 0.00000 | 0.00 |
| 0.5 | 0.6 | 107 | 0.000 | 0.00000 | 0.00 |
| 0.6 | 0.7 | 107 | 0.000 | 0.00000 | 0.00 |
| 0.7 | 0.8 | 107 | 0.000 | 0.00000 | 0.00 |
| 0.8 | 0.9 | 107 | 0.000 | 0.00000 | 0.00 |
| 0.9 | 1.0 | 107 | 0.000 | 0.00000 | 0.00 |
| 1.0 | 1.1 | 107 | 0.000 | 0.00000 | 0.00 |
| 1.1 | 1.2 | 107 | 0.000 | 0.00000 | 0.00 |
| 1.2 | 1.3 | 107 | 0.000 | 0.00000 | 0.00 |
| 1.3 | 1.4 | 107 | 0.000 | 0.00000 | 0.00 |
| 1.4 | 1.5 | 107 | 0.000 | 0.00000 | 0.00 |
| 1.5 | 1.6 | 107 | 0.000 | 0.00000 | 0.00 |
| 1.6 | 1.7 | 107 | 0.000 | 0.00000 | 0.00 |
| 1.7 | 1.8 | 107 | 0.000 | 0.00000 | 0.00 |



MEZCLA 22:1:5-MÓDULO DE ELASTICIDAD A 21 DÍAS (RODILLO DELANTERO)

SCHMERT - Version 1.0 (c) 1994 by Prentice Hall, Inc.
Settlement of Spread Footings on Cohesionless Soils
Using Schmertmann's Method

Title: TRABAJO FINAL-APLICACIÓN VIAL

Units of Measurement: SI
(Press ALT-U to change)

Date: *****
Time: 05:37 PM

Footing Shape: Rectangular
(Press ALT-S to change)

Footing Length = 1.20 m
Footing Width = 0.10 m
Footing Depth = 0.00 m
Applied Load = 130 kN
Elapsed Time = 0.0 yr
Soil Unit Weight
Above Groundwater = 18.6 kN/m³
Below Groundwater = 18.6 kN/m³
Depth to Groundwater = 30.0 m

* RESULTS *
* *
* Bearing Pressure *
* Gross $q = 1083$ kPa *
* Net $q' = 1083$ kPa *
* *
* Settlement = 3203.17 mm *
* *

| Depth Interval | | Soil | Influence: | | |
|----------------|-------|---------|------------|--------------|---------|
| Upper | Lower | Modulus | Factor | Compression: | Strain |
| (m) | (m) | (kPa) | I_z | (m) | (%) |
| 0.0 | 0.0 | | | | |
| 0.0 | 0.1 | 117 | 1.557 | 0.84194 | 841.94 |
| 0.1 | 0.2 | 117 | 2.426 | 1.31180 | 1311.80 |
| 0.2 | 0.3 | 117 | 1.456 | 0.78708 | 787.08 |
| 0.3 | 0.4 | 117 | 0.485 | 0.26236 | 262.36 |
| 0.4 | 0.5 | 107 | 0.000 | 0.00000 | 0.00 |
| 0.5 | 0.6 | 107 | 0.000 | 0.00000 | 0.00 |
| 0.6 | 0.7 | 107 | 0.000 | 0.00000 | 0.00 |
| 0.7 | 0.8 | 107 | 0.000 | 0.00000 | 0.00 |
| 0.8 | 0.9 | 107 | 0.000 | 0.00000 | 0.00 |
| 0.9 | 1.0 | 107 | 0.000 | 0.00000 | 0.00 |
| 1.0 | 1.1 | 107 | 0.000 | 0.00000 | 0.00 |
| 1.1 | 1.2 | 107 | 0.000 | 0.00000 | 0.00 |
| 1.2 | 1.3 | 107 | 0.000 | 0.00000 | 0.00 |
| 1.3 | 1.4 | 107 | 0.000 | 0.00000 | 0.00 |
| 1.4 | 1.5 | 107 | 0.000 | 0.00000 | 0.00 |
| 1.5 | 1.6 | 107 | 0.000 | 0.00000 | 0.00 |
| 1.6 | 1.7 | 107 | 0.000 | 0.00000 | 0.00 |
| 1.7 | 1.8 | 107 | 0.000 | 0.00000 | 0.00 |



MEZCLA 22:1:5-MÓDULO DE ELASTICIDAD A 21 DÍAS (RODILLO TRASERO)

SCHMERT - Version 1.0 (c) 1994 by Prentice Hall, Inc.
Settlement of Spread Footings on Cohesionless Soils
Using Schmertmann's Method

Title: TRABAJO FINAL-APLICACIÓN VIAL

Units of Measurement: SI
(Press ALT-U to change)

Date: *****
Time: 05:49 PM

Footing Shape: Rectangular
(Press ALT-S to change)

Footing Length = 2.10 m
Footing Width = 0.10 m
Footing Depth = 0.00 m
Applied Load = 170 kN
Elapsed Time = 0.0 yr
Soil Unit Weight
Above Groundwater = 18.6 kN/m³
Below Groundwater = 18.6 kN/m³
Depth to Groundwater = 30.0 m

* RESULTS *
* *
* Bearing Pressure *
* Gross q = 810 kPa *
* Net q' = 810 kPa *
* *
* Settlement = 2129.31 mm *
* *

| Depth Interval | | Soil | Influence: | | |
|----------------|-------|---------|------------|--------------|--------|
| Upper | Lower | Modulus | Factor | Compression: | Strain |
| (m) | (m) | (kPa) | I_z | (m) | (%) |
| 0.0 | 0.0 | | | | |
| 0.0 | 0.1 | 117 | 1.393 | 0.56303 | 563.03 |
| 0.1 | 0.2 | 117 | 2.153 | 0.87016 | 870.16 |
| 0.2 | 0.3 | 117 | 1.292 | 0.52210 | 522.10 |
| 0.3 | 0.4 | 117 | 0.431 | 0.17403 | 174.03 |
| 0.4 | 0.5 | 107 | 0.000 | 0.00000 | 0.00 |
| 0.5 | 0.6 | 107 | 0.000 | 0.00000 | 0.00 |
| 0.6 | 0.7 | 107 | 0.000 | 0.00000 | 0.00 |
| 0.7 | 0.8 | 107 | 0.000 | 0.00000 | 0.00 |
| 0.8 | 0.9 | 107 | 0.000 | 0.00000 | 0.00 |
| 0.9 | 1.0 | 107 | 0.000 | 0.00000 | 0.00 |
| 1.0 | 1.1 | 107 | 0.000 | 0.00000 | 0.00 |
| 1.1 | 1.2 | 107 | 0.000 | 0.00000 | 0.00 |
| 1.2 | 1.3 | 107 | 0.000 | 0.00000 | 0.00 |
| 1.3 | 1.4 | 107 | 0.000 | 0.00000 | 0.00 |
| 1.4 | 1.5 | 107 | 0.000 | 0.00000 | 0.00 |
| 1.5 | 1.6 | 107 | 0.000 | 0.00000 | 0.00 |
| 1.6 | 1.7 | 107 | 0.000 | 0.00000 | 0.00 |
| 1.7 | 1.8 | 107 | 0.000 | 0.00000 | 0.00 |

